

Rus Indiyanto

**PERENCANAAN
DAN
PENGENDALIAN PRODUKSI**

PENERBIT
YAYASAN HUMANIORA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Buku Perencanaan dan Pengendalian Produksi dengan baik.

Buku Perencanaan dan Pengendalian Produksi ini sengaja diterbitkan untuk dipergunakan sebagai acuan bagi pembaca dan mahasiswa tingkat sarjana pada Program Studi Teknik Industri jurusan Teknik & Manajemen Industri dan memberikan wawasan dan cakrawala pemahaman, sementara dalam hal kedalaman dan ketajaman materi, penulis masih mengharapkan pembaca untuk membuka buku teks yang asli.

Kritik dan saran akan diterima dengan senang hati demi lebih sempurnanya buku ini. Semoga apa yang tertuang disini akan bisa memberikan kontribusi bagi segala upaya yang telah dilakukan didalam Pembangunan Nasional umumnya dan sektor industri khususnya.

Surabaya, Nopember 2008

Rus Indiyanto

Perpustakaan Nasional Republik Indonesia :

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Indiyanto, Rus

Perencanaan dan Pengendalian Produksi / Rus Indiyanto

Klaten : Penerbit Yayasan Humaniora, 2008

vi + 137 halaman ; 21 Cm

Hak Cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang photo copy atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis dan isi buku adalah tanggung jawab penulis.

ISBN : 978-979-3327-39-6

Penerbit :

Yayasan Humaniora

- Jl. Melati gang Apel No. 6 Klaten 57412
- Wisma Indah II K-10/44 Surabaya Fax. (031) 8798384
- E-mail : humaniorapenerbit@yahoo.co.id

DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| Kata Pengantar | v |
| Daftar Isi | ii |
| BAB 1 PERANAN, DEFINISI DAN RUANG LINGKUP PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI | 1 |
| 1.1 PERANAN PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI | 1 |
| 1.2 DEFINISI PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI | 2 |
| 1.3 SIFAT-SIFAT PERENCANAAN PRODUKSI | 3 |
| BAB 2 PERAMALAN | 8 |
| 2.1 HORISON WAKTU PERAMALAN | 9 |
| 2.2 FAKTOR-FAKTOR YANG PENGARUHI PERAMALAN | 9 |
| 2.3 KARAKTERISTIK PERAMALAN YANG BAIK | 11 |
| BAB 3 PERENCANAAN PRODUKSI | 37 |
| 3.1 METODE-METODE PERENCANAAN PRODUKSI | 38 |
| 3.2 METODE GRAFIS | 39 |
| 3.3 METODE TRANSPORTASI LAND | 43 |
| BAB 4 PERSEDIAAN | 45 |
| 4.1 FUNGSI PERSEDIAAN | 45 |
| 4.2 BIAYA-BIAYA DALAM PERSEDIAAN | 49 |
| 4.3 METODE-METODE PENGENDALIAN PERSEDIAAN | 53 |
| BAB 5 PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL | 86 |
| 5.1 MASUKAN DAN KELUARAN MRP | 92 |

| | | | |
|-----------------------|-----|--|-----|
| | 5.2 | LANGKAH-LANGKAH PROSES MRP | 100 |
| BAB 6 | | KESEIMBANGAN LINTASAN | 103 |
| | 6.1 | METODE KESEIMBANGAN LINTASAN | 105 |
| | 6.2 | PENGARUH WAKTU TERHADAP PENYUSUNAN KESEIMBANGAN LINTASAN | 110 |
| BAB 7 | | PENJADWALAN MESIN n JOB UNTUK MESIN TUNGGA | 124 |
| | 7.3 | BEBERAPA PENGERTIAN DAN BATASAN | 133 |
| | 7.4 | MACAM-MACAM BENTUK ALGORITMA | 137 |
| DAFTAR PUSTAKA | | | 150 |

BAB I

PERANAN, DEFINISI DAN RUANG LINGKUP PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI

PENDAHULUAN

Kegiatan perencanaan dan pengendalian produksi. dalam sebuah perusahaan pada umumnya ditangani oleh Departemen PPC (Production Planning and Control, sering disingkat PPC) atau PPIC (Production Planning Inventory and Control, sering disingkat PPIC). Apapun nama departemen yang membawahnya, yang jelas kegiatan perencanaan dan pengendalian produksi adalah merupakan salah satu kegiatan utama dalam suatu system bisnis / industri, selain kegiatan keuangan dan pemasaran.

Perencanaan dan pengendalian produksi mencakup sekumpulan kegiatan yang pada umumnya dimulai dari estimasi / perkiraan permintaan yang akan datang, perencanaan produksi, perencanaan persediaan dan kebutuhan bahan, perencanaan kapasitas mesin dan tenaga kerja, keseimbangan lintasan dan penjadwalan mesin.

1.1 Peranan Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Pada umumnya tujuan akhir dari suatu perusahaan adalah untuk memperoleh keuntungan, keberlanjutan dan pengembangan usaha. Di sisi lain ada tuntutan konsumen yang harus dipenuhi perusahaan. Tuntutan konsumen pada umumnya meliputi kualitas baik, harga murah, penyerahaan tepat volume dan waktu, produk fleksibel dan variatif. Supaya tujuan kedua belah pihak (produsen dan konsumen) terpenuhi maka perusahaan harus mampu membuat perencanaan dan pengendalian produksi dengan memperhatikan semua tujuan tersebut.

Secara umum dapat dikatakan bahwa tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah untuk merencanakan dasar-dasar daripada proses produksi dan aliran bahan, sehingga menghasilkan produk yang dibutuhkan pada waktunya dengan biaya yang seminimum mungkin dan mengatur serta menganalisa mengenai pengorganisasian dan pengkoordinasian bahan-bahan, mesin-mesin peralatan, tenaga manusia dan tindakan-tindakan lain yang dibutuhkan. Dalam usaha pencapaian tujuan perusahaan, diperlukan adanya kegiatan pengkoordinasian manajemen berupa koordinasi dari berbagai bagian atau antar kegiatan dari perusahaan tersebut, sehingga dapat tercapai suatu kerjasama yang baik antara bagian pembelian, bagian teknik (*engineering*), akuntan dan bagian penjualan sebagai satu team yang terkoordinasi untuk memproduksi dan menjual hasil produksi dengan efektif dan efisien.

Dari uraian diatas, dapat kita simpulkan betapa pentingnya peranan perencanaan dan pengendalian produksi dalam suatu perusahaan. Dengan adanya perencanaan dan pengendalian produksi yang baik diharapkan dapat membantu perusahaan untuk menghasilkan barang atau jasa secara efektif dan efisien.

1.2 DEFINISI PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI (PPC)

Perencanaan dan Pengendalian Produksi dapat didefinisikan sebagai proses untuk merencanakan dan mengendalikan aliran material yang masuk, mengalir dan keluar dari sistem produksi/operasi sehingga permintaan pasar dapat dipenuhi dengan jumlah yang tepat, waktu penyerahan yang tepat, dan biaya produksi yang minimum. Dari definisi diatas, maka pekerjaan yang terkandung dalam PPC secara garis besar dapat kita bedakan menjadi dua hal yang saling berkaitan, yaitu : **perencanaan produksi** dan **pengendalian produksi**.

Perencanaan produksi adalah kegiatan untuk menentukan arah awal dari tindakan-tindakan yang harus dilakukan di masa

mendatang, apa yang harus dilakukan, berapa banyak melakukannya, dan kapan harus melakukan. Karena perencanaan ini berkaitan dengan masa mendatang, maka perencanaan disusun atas dasar perkiraan yang dibuat berdasarkan data masa lalu dengan menggunakan beberapa asumsi. Oleh karena itu perencanaan tidak akan selalu memberikan hasil sebagaimana yang diharapkan dalam rencana tersebut, sehingga setiap perencanaan yang dibuat harus dievaluasi secara berkala dengan jalan melakukan pengendalian. Jadi pengendalian adalah kegiatan untuk menjaga agar supaya pelaksanaan rencana berjalan sesuai dengan langkah-langkah yang telah ditetapkan sehingga pencapaian tujuan dapat terlaksana secara efektif dan efisien.

1.3 SIFAT-SIFAT PERENCANAAN PRODUKSI

Perencanaan produksi mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Berjangka waktu
- Berjenjang
- Terpadu
- Berkelanjutan
- Terukur
- Realistis
- Akurat
- Menantang

a. Berjangka waktu

Dalam perencanaan produksi, biasanya kita jumpai tiga jenis perencanaan berdasarkan periode waktu yang dicakup oleh perencanaan tersebut, yaitu :

- **Perencanaan produksi jangka panjang.** Perencanaan produksi ini melihat 3 tahun atau lebih kedepan. Perencanaan produksi jangka panjang pada umumnya menangani keputusan-keputusan yang bersifat strategis, misalnya dengan pengembangan produk baru, tata letak pabrik, dll..

- **Perencanaan produksi jangka menengah (perencanaan agregrat).** Perencanaan ini mempunyai horizon waktu antara 1 sampai 2 tahun, dan pada umumnya menangani keputusan-keputusan yang bersifat taktis, misalnya perencanaan tenaga kerja.
- **Perencanaan produksi jangka pendek.** Perencanaan produksi jangka pendek mempunyai horizon waktu ≤ 1 tahun, dan pada umumnya menangani keputusan-keputusan yang bersifat teknis operasional misalnya membuat jadwal produksi.

b. Berjenjang

Pembuatan rencana produksi tidak bisa dilakukan hanya sekali dan digunakan untuk selamanya. Perencanaan produksi harus dilakukan secara bertahap dan berjenjang. Artinya, perencanaan produksi akan bertingkat dari perencanaan produksi level tinggi sampai perencanaan produksi level rendah.

c. Terpadu

Perencanaan produksi melibatkan banyak faktor, seperti bahan baku, mesin/peralatan, tenaga kerja, dan waktu, oleh karena itu harus dilakukan secara terpadu.

d. Berkelanjutan

Perencanaan produksi disusun berdasarkan hasil evaluasi terhadap rencana sebelumnya, oleh karena itu perencanaan produksi haruslah merupakan kegiatan yang berkelanjutan.

e. Terukur

Untuk mengetahui ada tidaknya penyimpangan, maka rencana produksi harus menetapkan ukuran sehingga mudah untuk mengevaluasinya.

f. Realistik

Rencana produksi yang dibuat harus disesuaikan dengan kondisi yang ada di perusahaan, sehingga target yang ditetapkan realistik bisa dipenuhi.

g. Akurat

Perencanaan produksi harus dibuat berdasarkan informasi-informasi yang akurat tentang kondisi internal dan eksternal sehingga angka-angka yang dimunculkan dalam target produksi dapat dipertanggungjawabkan.

h. Menantang

Meskipun rencana produksi harus dibuat serealistik mungkin, hal ini bukan berarti rencana produksi harus menetapkan target yang dengan mudah dapat dicapai. Rencana produksi yang baik harus menetapkan target produksi yang hanya dapat dicapai dengan usaha yang sungguh-sungguh.

1.4 RUANG LINGKUP PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI

Ruang lingkup perencanaan dan pengendalian produksi secara umum meliputi :

- a. Peramalan permintaan
- b. Perencanaan produksi, baik secara agregat maupun disagreagat
- c. Pengelolaan persediaan dan kebutuhan bahan
- d. Penyeimbangan lintasan produksi
- e. Penjadwalan mesin dan fasilitas
- f. Pengelolaan beban kerja dan kapasitas produksi

BAB II PERAMALAN

PENDAHULUAN

Perencanaan produksi adalah merupakan kegiatan untuk menentukan arah awal dari tindakan-tindakan yang harus dilakukan di masa mendatang, apa yang harus dibuat, berapa banyak, dan kapan harus dibuat. Perencanaan produksi memerlukan beberapa input, yaitu jumlah permintaan, kapasitas mesin, jumlah tenaga kerja dan ketersediaan bahan baku.

Jumlah permintaan yang akan datang bisa diperoleh dari penerimaan order yang masuk dan estimasi melalui proses peramalan. Peramalan yang tepat sangat diperlukan untuk menyusun rencana produksi yang baik. Oleh karena itu kualitas hasil peramalan akan sangat menentukan kualitas perencanaan produksi.

2.1 DEFINISI PERAMALAN

Peramalan adalah proses untuk memperkirakan berapa kebutuhan di masa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang ataupun jasa.

Dalam kondisi pasar bebas yang kompleks dan dinamis, peramalan permintaan sangat diperlukan sebagai salah satu acuan dalam membuat perencanaan produksi yang baik dan akurat. Oleh karena itu, peramalan yang akurat merupakan informasi yang sangat dibutuhkan dalam pembuatan perencanaan produksi.

2.2 HORISON WAKTU DALAM PERAMALAN

Dalam hubungannya dengan horison waktu, peramalan diklasifikasikan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Peramalan jangka panjang, umumnya > 3 tahun. Peramalan ini digunakan untuk perencanaan produk dan perencanaan sumber daya.
2. Peramalan jangka menengah, umumnya $>1 - 3$ tahun. Peramalan ini biasanya digunakan untuk menentukan aliran kas, perencanaan produksi, dan penentuan anggaran.
3. Peramalan jangka pendek, umumnya ≤ 1 tahun. Peramalan ini biasanya digunakan untuk mengambil keputusan dalam hal perlu tidaknya lembur, penjadwalan kerja, dan berbagai keputusan jangka pendek lainnya.

2.3 FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERAMALAN

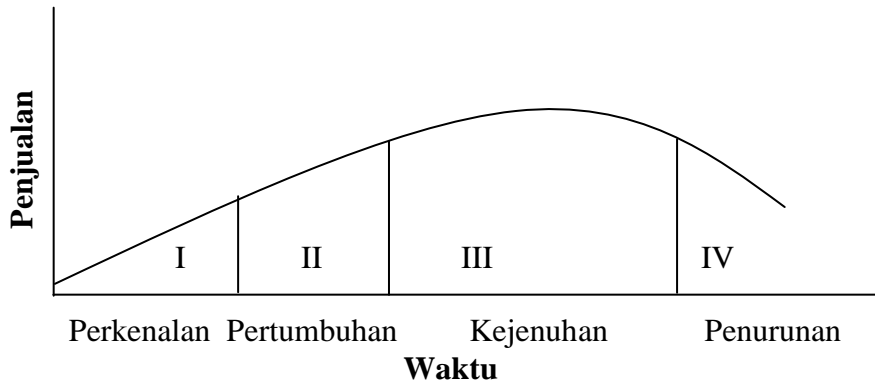
Besarnya permintaan merupakan hasil resultante dari berbagai faktor yang saling berinteraksi dalam pasar. Faktor-faktor ini sebagian berada dalam pengendalian perusahaan, namun sebagian besar berada di luar kendali perusahaan. Faktor-faktor tersebut adalah :

a. Siklus Bisnis.

Penjualan produk akan dipengaruhi oleh permintaan akan produk tersebut, dan permintaan akan suatu produk akan dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang membentuk siklus bisnis dengan fase-fase inflasi, resesi, depresi dan masa pemulihan.

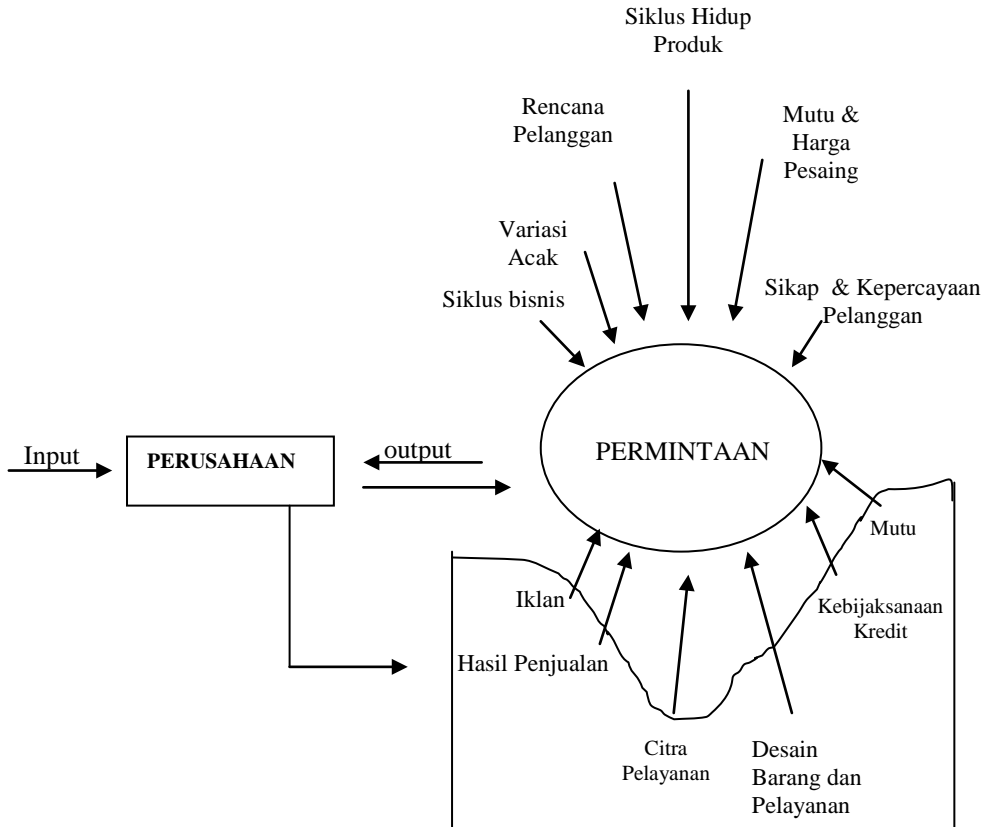
b. Siklus Hidup Produk.

Siklus hidup suatu produk biasanya mengikuti suatu pola yang biasa disebut kurva S. Kurva S menggambarkan besarnya permintaan terhadap waktu, dimana siklus hidup suatu produk akan dibagi menjadi fase pengenalan, fase pertumbuhan, fase kematangan dan akhirnya fase penurunan. Untuk menjaga kelangsungan usaha, maka perlu dilakukan inovasi produk pada saat yang tepat.



Gambar 2.1 Tahapan Siklus Hidup Suatu Produk

Faktor-faktor lain. Beberapa faktor lain yang mempengaruhi permintaan adalah reaksi balik dari pesaing, perilaku konsumen yang berubah, dan usaha-usaha yang dilakukan sendiri oleh perusahaan seperti peningkatan kualitas, pelayanan, anggaran periklanan, dan kebijaksanaan pembayaran secara kredit.



Gambar 2.2 Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan

2.4 KARAKTERISTIK PERAMALAN YANG BAIK

Peramalan yang baik mempunyai beberapa kriteria yang penting, antara lain akurasi, biaya dan kemudahan.

Akurasi. Akurasi dari suatu hasil peramalan diukur dengan mengukur besarnya error (selisih demand aktual dengan hasil peramalan)

Biaya. Biaya yang diperlukan dalam pembuatan suatu peramalan adalah tergantung dari jumlah item yang diramalkan, lamanya periode peramalan, dan metode peramalan yang pakai.

Kemudahan. Penggunaan metode peramalan yang sederhana, mudah dibuat, dan mudah diaplikasikan akan memberikan keuntungan bagi perusahaan.

2.5 BEBERAPA SIFAT HASIL PERAMALAN

Dalam peramalan, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu :

- 1) Peramalan pasti mengandung kesalahan.
- 2) Peramalan seharusnya memberikan informasi tentang berapa ukuran kesalahan.
- 3) Peramalan jangka pendek lebih akurat dibandingkan peramalan jangka panjang.

2.6 UKURAN PERAMALAN

Ukuran akurasi hasil peramalan merupakan ukuran kesalahan (error) peramalan, merupakan ukuran tentang tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya terjadi. Ada 4 ukuran peramalan, yaitu :

1. Rata-rata Deviasi Mutlak (Mean Absolute Deviation = MAD)

MAD merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih

besar atau lebih kecil dibandingkan kenyataanya. Secara matematis, MAD dirumuskan sebagai berikut :

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t|$$

Dimana :

A = permintaan aktual pada periode – t

F_t = hasil peramalan (forecast) pada periode – t

n = jumlah periode peramalan yang terlibat

2. Rata-rata Kuadrat Kesalahan (Mean Square Error = MSE)

MSE dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Secara matematis, MSE dirumuskan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2$$

3. Rata-rata Kesalahan Peramalan (Mean forecast Error = MFE)

MFE sangat efektif untuk mengetahui apakah suatu hasil peramalan selama periode tertentu terlalu tinggi atau terlalu rendah. Secara matematis, MFE dinyatakan sebagai berikut :

$$MFE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)$$

4. Rata-rata Persentase Kesalahan Absolut (Mean Absolute Percentage Error = MAPE)

MAPE menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah. Secara matematis, MAPE dinyatakan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{F_t - A_t}{A_t} \right|$$

CONTOH DAN JAWABANNYA:

Diketahui data permintaan aktual produk “X” dan hasil peramalannya seperti yang tercantum pada tabel di bawah ini. Hitunglah errornya dengan metode MAD, MSE, MAPE dan MFE nya !

| Permintaan actual | Hasil Ramalan | Deviasi (Error) | Deviasi Absolut | Kuadrat Error | Persentase Error | Persentase Error absolut |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------|------------------|--------------------------|
| (A _t) | (F _t) | (A _t – F _t) | ½A-F½ | (A – F) ² | (A – F/A)100 | ½A– F/A)100½ |
| 120 | 125 | -5 | 5 | 25 | - 4,17 | 4,17 |
| 130 | 125 | +5 | 5 | 25 | 3,85 | 3,85 |
| 110 | 125 | - 15 | 15 | 225 | -13,64 | 13,64 |
| 140 | 125 | -15 | 15 | 225 | 10,71 | 10,71 |
| 110 | 125 | -15 | 15 | 225 | -13,64 | 13,64 |
| 130 | 125 | +5 | 5 | 25 | 3,85 | 3,85 |
| | | <u>-10</u> | <u>60</u> | <u>750</u> | | <u>49,86</u> |

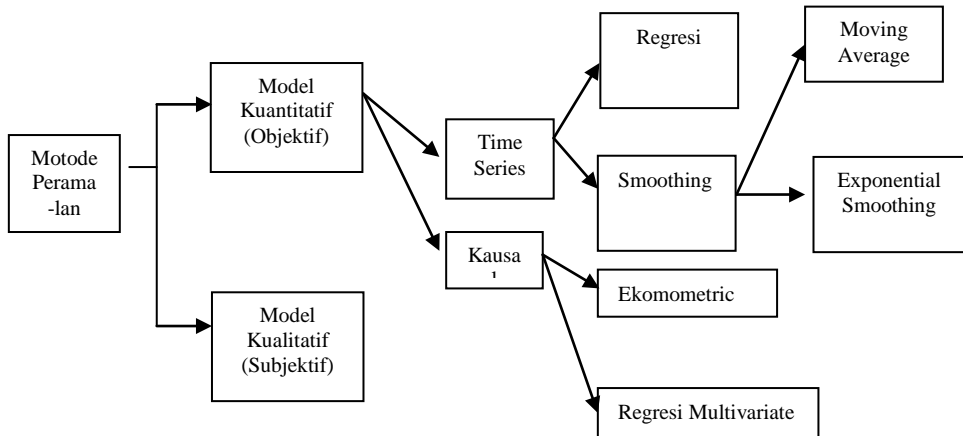
$$MAD = 60/6 = 10$$

$$MSE = 750/6 = 125$$

$$MAPE = 49,86/6 = 8,31 \%$$

$$MFE = -10/6 = -1,67$$

2.7 JENIS DAN METODE PERAMALAN



2.8 MODEL KUALITATIF PERAMALAN

Model kualitatif meliputi beberapa metode :

- a. Individual Opinion : Opini peramalan berasal dari pribadi (individu) biasanya pakar (expert) dalam bidangnya yaitu :
 - Konsultan-konsultan bersifat ilmiah dan non ilmiah
 - Manager pemasaran / produksi
 - Individu yang banyak bergerak pada masalah-masalah tersebut.

Kebaikannya : cepat

Kelemahannya : subjektif (karena dipengaruhi oleh kondisi dan situasi si peramal).

- b. Group Opinion : opini peramalan diperoleh dari beberapa orang dengan mencoba merata-ratakan hasil peramalan sehingga diperoleh pendapat/hasil peramalan yang lebih objektif (rasional).

Kebaikannya : lebih objektif (unsur subjektifitas dapat dihilangkan dengan merata-ratakan hasil).

- c. Delphy Method : Peramalan dibentuk melalui beberapa tahapan untuk mencari hasil yang lebih objektif dari kedua sistem diatas. Metode ini menggunakan pakar (expert). Hasil ramalan dari setiap tahapan diinformasikan kepada pakar, sehingga keputusan hasil ramalan dapat berubah karena informasi tersebut.

CONTOH DAN JAWABANNYA :

Pada tahap I :

Si A meramalkan 100 unit

Si B meramalkan 80 unit

Si C meramalkan 120 unit

} rata-rata 100 ® hasil ini diinformasikan kepadaPAKAR (A, B, dan C)

Pada tahap II :

Si A meramalkan 100 unit

Si B meramalkan 85 unit

SI C meramalkan 110 unit

} Rata-rata 98 ® hasil ini diinformasikan kepadaPAKAR (A, B, dan C)

Dan seterusnya, sampai diperoleh variasi hasil ramalan dari para pakar tersebut sudah sangat kecil. Signifikan perbedaan nilai dapat diukur dengan uji variansi (dengan Anova atau metode lain)
Secara umum metode kualitatif ini lebih mudah dibuat tetapi mempunyai unsur subjektivitas yang tinggi.

2.9 MODEL KUANTITATIF

Pada model kuantitatif unsur objektivitas lebih tinggi karena menggunakan pendekatan matematik (Mathematical Approach), numerik dan terukur.

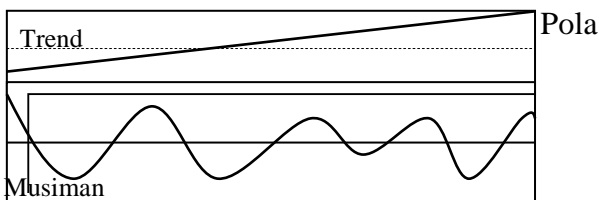
a. Peramalan Time Series

Analisa Deret Waktu ini sangat tepat dipakai apabila permintaan pada masa lalu cukup konsisten dalam periode waktu

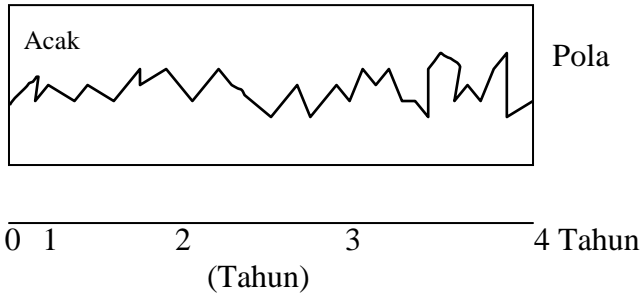
yang cukup lama, sehingga diharapkan pola tersebut masih akan tetap berlanjut.

Permintaan masa lalu mempunyai 4 pola, yaitu : Trend (T), Siklus /Cycle (C), Pola Musiman/Seasonal (S), dan Acak/random (R).

- 1) *TREND /KECENDERUNGAN (T)*. Trend merupakan sifat dari permintaan yang cenderung baik, turun, atau konstan.
- 2) *SIKLUS / CYCLE (C)*. Permintaan suatu produk dapat memiliki siklus yang berulang secara periodik, biasanya lebih dari satu tahun. Oleh karena itu pola ini berguna untuk peramalan jangka menengah dan jangka panjang.
- 3) *POLA MUSIMAN/SEASON (S)*. Fluktuasi permintaan suatu produk dapat naik turun disekitar garis trend dan biasanya berulang setiap tahun. Pola ini biasanya disebabkan oleh faktor cuaca, musim libur panjang, dan hari raya keagamaan yang akan berulang secara periodik setiap tahunnya.
- 4) *VARIASI ACAK/RANDOM (R)*. Permintaan suatu produk dapat mengikuti pola bervariasi secara acak karena faktor-faktor adanya bencana alam, bangkrutnya perusahaan pesaing, promosi khusus, dan kejadian-kejadian lainnya yang tidak mempunyai pola tertentu. Random ini diperlukan dalam rangka menentukan persediaan pengaman untuk mengantisipasi kekurangan persediaan bila terjadi lonjakan permintaan.



Pola Siklis gambarnya mirip pola musiman. hanya jangka waktu fluktuasinya lebih panjang karena factor pengaruhnya bukan musim.



Gb. 2.3 Pola-pola Data

2.10 METODE-METODE PERAMALAN TIME SERIES

a. Rata-rata Bergerak (Moving Average = MA)

Moving Average diperoleh dengan merata-rata permintaan berdasarkan beberapa data masa lalu yang terbaru. Tujuan Metode MA adalah untuk mengurangi atau menghilangkan variasi acak permintaan. Secara matematis, MA dinyatakan sbb:

$$MA = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t(N-1)}}{N}$$

dimana : A_t = permintaan aktual pada periode t

N = jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan MA

$$MA_t = MA_{t-1} + \frac{A_t - A_{t-N}}{N}$$

Berikut ini contoh penggunaan Metode MA 3 bulanan dan 6 bulanan dalam peramalan.

Tabel 2.1 Peramalan dengan MA Tiga Bulanan dan Enam Bulanan

| Bulan | Permintaan Aktual A_t | MA 3- bulanan MA_t | Peramalan dengan MA 3- bulanan F_t | MA 6- bulanan MA_t | Peramalan dengan 6- bulanan F_t |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|--|
| Januari | 450 | - | - | - | - |
| Pebruari | 440 | - | - | - | - |
| Maret | 460 | 450 | - | - | - |
| April | 510 | 470 | 450 | - | - |
| Mei | 520 | 497 | 470 | - | - |
| Juni | 495 | 508 | 497 | 478 | - |
| Juli | 475 | 497 | 508 | 483 | 479 |
| Agustus | 560 | 510 | 497 | 503 | 483 |
| September | 510 | 515 | 510 | 512 | 503 |
| Oktober | 520 | 530 | 515 | 513 | 512 |
| Nopember | 540 | 523 | 530 | 517 | 513 |
| Desember | 550 | 537 | 523 | 526 | 517 |

MA 3 bulanan (N=3) pada bulan Maret = $(450 + 440 + 460)/3 = 450$

MA 3 bulanan (N=3) pada bulan April = $(440 + 460 + 510)/3 = 470$

Pemilihan tentang berapa nilai N yang tepat adalah hal yang penting dalam metode ini. Secara umum semakin besar nilai N maka semakin halus perubahan nilai MA.

Kelemahan Metode MA adalah:

1. Peramalan selalu berdasarkan pada N data terakhir tanpa mempertimbangkan data-data sebelumnya.
2. Setiap data dianggap memiliki bobot yang sama. Kelemahan kedua ini akan diatasi dengan menggunakan teknik MA dengan pembobotan.
3. Diperlukan biaya yang besar dalam penyimpanan dan pemrosesan datanya.

b. Rata-rata Bergerak dengan Bobot (Weighted Moving Average = WMA)

Secara matematis, WMA dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$WMA = \sum W_t . A$$

dimana : W_t = bobot permintaan aktual pada periode t

A_t = permintaan aktual pada periode t

Dengan batasan bahwa : $\sum W_t = 1$

Tabel 2.2 Perbandingan Hasil Peramalan MA dengan WMA

| Bulan | Permintaan Aktual A_t | MA 3- bulanan MA_t | Peramalan dengan MA 3- bulanan F_t | WMA 3-bulanan 0,25/0,25/0,5 MA_t | Peramalan WMA 3- bulanan f_t |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| Januari | 450 | - | - | - | - |
| Pebruari | 440 | - | - | - | - |
| Maret | 460 | 450 | - | 453 | - |
| April | 510 | 470 | 450 | 480 | 453 |
| Mei | 520 | 497 | 470 | 503 | 480 |
| Juni | 495 | 508 | 497 | 505 | 503 |
| Juli | 475 | 497 | 508 | 491 | 505 |
| Agustus | 560 | 510 | 497 | 523 | 491 |
| September | 510 | 515 | 510 | 514 | 523 |
| Oktober | 520 | 530 | 515 | 528 | 514 |
| Nopember | 540 | 523 | 530 | 528 | 528 |
| Desember | 550 | 537 | 523 | 540 | 528 |

Pada dontoh di atas bila $W_1 = 0,25$, $W_2 = 0,25$ dan $W_3 = 0,50$. Maka dengan WMA 3 bulanan, hasil peramalan pada bulan Maret adalah :

$$WMA = (0,25 \times 450) + 0,25 \times 440) + 0,50 \times 460) = 452,5 \approx 453$$

c. Pemulusan Eksponensial Smoothing (ES)

Kelemahan Metode MA diatasi dengan teknik ES. Model matematis ES adalah :

$$F_t = F_{t-1} + \frac{A_t - A_{t-N}}{N}$$

dimana bila data permintaan aktual yang lama A_{t-n} tidak tersedia, maka dapat digantikan dengan nilai pendekatan yang berupa nilai ramalan sebelumnya (F_{t-1}) sehingga persamaan tersebut dapat dituliskan menjadi :

$$F_t = \frac{1}{N} A_t + \frac{N-1}{N} F_{t-1}$$

Bila $1/N$ diganti dengan a , maka persamaan menjadi :

$$F_t = a A_t + (1-a) F_{t-1}$$

Penentuan besarnya nilai a harus dipertimbangkan dengan baik. Salah satu metode yang dapat dipakai untuk menentukan nilai a adalah :

$$\frac{N-1}{2} = \frac{1-a}{a}$$

$$a = \frac{2}{N+1}$$

jadi, bila $N = 2$ maka $a = 2/3 = 0,66$. Bila $N = 3$, maka $a = 2/4 = 0,40$ begitu seterusnya.

Tabel 2.3 Hasil Peramalan dengan Teknik ES Sederhana

| Bulan | Permintaan Aktual A_t | Ramalan f_t | Rata-rata Lama f_{t-1} | Rata-rata Baru F_t | Bobot* f_t |
|-----------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Maret | 460 | 480 | 480,00 | 476,00 | 0,027 |
| April | 510 | 476 | 476,00 | 482,80 | 0,034 |
| Mei | 520 | 483 | 482,80 | 490,24 | 0,042 |
| Juni | 495 | 490 | 490,24 | 491,19 | 0,052 |
| Juli | 475 | 491 | 491,19 | 487,95 | 0,066 |
| Agustus | 560 | 488 | 487,95 | 502,36 | 0,082 |
| September | 510 | 502 | 502,36 | 503,89 | 0,102 |
| Oktober | 520 | 504 | 503,89 | 507,11 | 0,128 |
| Nopember | 540 | 507 | 507,11 | 513,69 | 0,160 |
| Desember | 550 | 514 | 513,69 | 520,95 | 0,200 |

d. Pemulusan Eksponensial Stasioner, Trend dan Musiman (Metode Winter)

Metode MA dan ES sederhana tepat bila datanya stasioner. Bila data permintaan bersifat musiman dan trend, maka dapat digunakan Metode Winter (WM). Metode Winter didasarkan atas 3 pemulusan, yaitu pemulusan stasioner, trend, dan musiman. Salah satu masalah dalam penggunaan metode Winter ini adalah penentuan nilai-nilai a , b , dan g yang akan meminimumkan error.

§ Model Winter dengan Pemulusan Trend

Model Winter dengan trend dari Bolt, dimana model ini dimulai dengan perkiraan trend sebagai berikut :

$$T_t = b (F_t - F_{t-1}) + (1 - b) T_{t-1}$$

$$F_t = a A_t + (1-a) (F_{t-1} + T_{t-1})$$

Peramalan yang dibuat pada akhir periode t untuk periode $t + 1$ akan menjadi :

$$F_{t+1} = F_t + T_t$$

Berdasarkan data pada tabel 2.1 maka perhitungan peramalan dengan $a = 0,20$: $b = 0,20$; $T_0 = 9$ dan F_0 (lihat tabel 2.4 yang dimulai bulan Maret), maka :

$$F_1 = 0,20 (460) + 0,80 (480 + 9) = 483, 2$$

$$T_1 = 0,20 (483, 2 - 480) + 0,80 (9) = 7,84$$

Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Model Winter dengan Trend

| Bulan | Permintaan Aktual A_t | Rata-rata Ekspensial sederhana | Rata-rata Ekspensial Winter f_t | Trend T_t | Peramalan Winter f_t |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|--|----------------|------------------------------|
| | | | 480,00 | 9,00 | |
| Maret | 460 | 476,00 | 483,20 | 7,84 | 489,00 |
| April | 510 | 482,80 | 494,83 | 8,60 | 491,04 |
| Mei | 520 | 490,24 | 506,83 | 9,26 | 503,43 |
| Juni | 495 | 491,19 | 506,74 | 8,42 | 516,00 |
| Juli | 475 | 487,95 | 511,80 | 6,61 | 520,22 |
| Agustus | 560 | 502,36 | 511,18 | 8,30 | 517,79 |
| September | 510 | 503,89 | 526,23 | 7,32 | 534,53 |
| Oktober | 520 | 507,11 | 526,62 | 6,64 | 536,94 |
| Nopember | 540 | 513,69 | 533,55 | 6,63 | 540,20 |
| Desember | 550 | 520,95 | 540,16 | 6,76 | 546,79 |
| Januari | 555 | 527,76 | 554,35 | 6,79 | 554,19 |
| Pebruari | 569 | 536,01 | 562,72 | 7,11 | 561,15 |

§ Metode Winter dengan Pemulusuan Musiman

Proses umum dari permintaan musiman ini dapat dinyatakan dalam persamaan matematis sebagai berikut :

$$A_t = m * d_t + e_t$$

Dimana m adalah tingkat permintaan rata-rata, d adalah faktor musiman, dan e adalah distribusi permintaan normal dengan mean nol. Faktor-faktor musiman membolehkan kita bolak-balik mengubah antara periode penjualan dan rata-rata eksponensialnya. Jika periode 1 dari penjualan dimulai dengan 300 unit, kita dapat mengindeks penjualan musiman (mendiseasonal) menjadi $300/1,15 = 261$ unit dan menggunakan hasil indeks tersebut untuk memperbaharui rata-rata eksponensial. Tentu saja rata-rata lama yang besarnya 250 unit tersebut terlalu rendah jika penjualan aktual adalah 300 unit dan peramalan musimannya adalah 288 unit. Model diatas akan menjadi :

$$F_t = a \frac{D_t}{l_{t-m}} + (1 - a)F_{t-1}$$

$$F_t = 0,2 (300/1,15) + (0,8) 250$$

$$F_t = 252$$

Dimana l_{t-m} adalah indeks yang dihitung dengan $m = 12$ bulan yang lalu untuk peramalan bulanan atau $m = 52$ minggu untuk peramalan mingguan. Sekali kita dapatkan rata-rata eksponensial yang baru, kita dapat memperbaharui faktor musiman. Model Winter menggunakan :

$$l_t = g \frac{D_t}{F_t} + (1 - g)l_{t-m}$$

dimana g adalah konstanta pemulusan, dimana lebih disukai menetapkan $g \leq 0.05$

Sehingga, peramalan yang dibuat pada akhir periode t untuk periode $t + 1$ menjadi :

$$f_{t+1} = F_t \times l_{t+1-m}$$

lebih lanjut, model Winter yang memasukkan trend dan faktor pemulusan trend secara lengkap adalah :

$$F_t = a \frac{D_t}{l_{t-m}} + (1 - a)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = b (F_t - F_{t-1}) + (1 - b) T_{t-1}$$

$$l_t = g \frac{D_t}{F_t} + (1 - g)l_{t-m}$$

$$f_{t+1} = (F_t + T_t) \times l_{t+1-m}$$

Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Indeks Musiman

| Bulan | Permintaan (unit) | | Rata-rata permintaan | Indeks Musiman (I _i) |
|-----------|-------------------|------|-------------------------|-------------------------------------|
| | 1993 | 1994 | | |
| Januari | 80 | 100 | 90 | 0,957 |
| Pebruari | 75 | 85 | 90 | 0,851 |
| Maret | 80 | 90 | 85 | 0,904 |
| April | 90 | 110 | 100 | 1,064 |
| Mei | 115 | 131 | 123 | 1,309 |
| Juni | 110 | 120 | 115 | 1,223 |
| Juli | 100 | 110 | 105 | 1,117 |
| Agustus | 90 | 110 | 100 | 1,064 |
| September | 85 | 95 | 90 | 0,957 |
| Oktober | 75 | 85 | 80 | 0,851 |
| Nopember | 75 | 85 | 80 | 0,851 |
| Desember | 80 | 80 | 80 | 0,851 |

Tabel 2.5 menyatakan perhitungan peramalan untuk tahun 1995 dengan faktor musiman awal yang kita tentukan. Bila ditentukan $a = 0,1$ $g = 0,05$ dan $F_{DES} = 94$ (merupakan rata-rata permintaan bulanan, maka peramalan untuk bulan Januari akan menjadi :

$$f_{JAN} = F_{DES} * I_{JAN.12} = 94 * 0,957 = 90$$

Untuk memperbaharui rata-rata eksponensial dan indeks, dengan menggunakan tabel 2.6 untuk permintaan, maka kita dapatkan :

$$\begin{aligned}
 F_{JAN} &= a (D_{JAN} / I_{JAN.12}) + (1 - a) F_{DES} \\
 &= 0,1 (95 / 0,957) + 0,9 * 94 = 94,5 \\
 I_{JAN} &= g (D_{JAN} / F_{JAN}) + (1 - g) I_{JAN.12} \\
 &= 0,05 (95 / 94,5) + 0,95 * 0,957 = 0,96
 \end{aligned}$$

dan

$$f_{PEB} = F_{JAN} * I_{PEB.12} = 94,5 * 0,851 = 80,4$$

Tabel 2.6 Perhitungan Peramalan Musiman

| Bulan ke | Permintaan D_t 1995 | Eksponensia Permintaan D_t / I_{t-12} | Rata- rata F_t $F_0 = 94$ | Peramalan F_t | Faktor Musiman yang lama I_{t-12} | Faktor Musiman yang lama I_t |
|----------|--------------------------|---|--------------------------------------|--------------------|--|--|
| 1 | 95 | 99,27 | 94,50 | 89,96 | 0,957 | 0,959 |
| 2 | 75 | 88,13 | 93,86 | 80,42 | 0,851 | 0,848 |
| 3 | 90 | 99,56 | 94,43 | 84,85 | 0,904 | dst |
| 4 | 105 | 98,68 | 94,86 | 100,47 | 1,064 | |
| 5 | 120 | 91,67 | 94,54 | 124,17 | 1,309 | |
| 6 | 117 | 95,67 | 94,65 | 115,62 | 1,223 | |
| 7 | 102 | 91,32 | 94,32 | 105,72 | 1,117 | |
| 8 | 98 | 92,11 | 94,10 | 100,36 | 1,064 | |
| 9 | 95 | 99,27 | 94,62 | 90,05 | 0,957 | |
| 10 | 75 | 88,13 | 93,97 | 80,52 | 0,851 | |
| 11 | 85 | 99,88 | 94,56 | 79,97 | 0,851 | |
| 12 | 75 | 88,13 | 93,91 | 80,47 | 0,851 | |

§ Model Winter yang Lengkap

Data-data permintaan akan suatu produk selama 3 tahun adalah sebagai berikut :

| | 1992 | 1993 | 1994 |
|-----------|------|------|------|
| Kuartal 1 | 146 | 192 | 272 |
| Kuartal 2 | 96 | 127 | 155 |
| Kuartal 3 | 59 | 79 | 98 |
| Kuartal 4 | 133 | 186 | 219 |

Kita akan mengembangkan peramalan permintaan untuk tahun 1995 dengan menggunakan model Winter yang lengkap, dimana $a = 0,2$; $b = 0,1$; dan $g = 0,05$. Dalam pengembangannya, model ini secara lengkap mempunyai 4 persamaan utama yaitu:

$$F_t = a \frac{D_t}{l_{t-m}} + (1-a)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

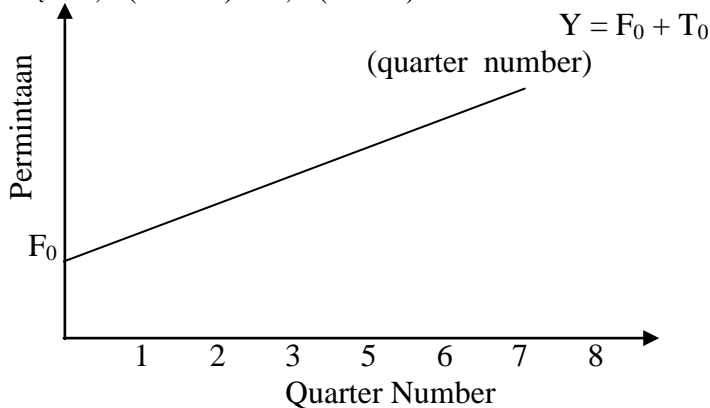
$$T_t = b (F_t - F_{t-1}) + (1-b) T_{t-1}$$

$$l_t = d \frac{D_t}{F_t} + (1-d)l_{t-m}$$

$$f_{t+1} = (F_t + T_t) \times l_{t+1-m}$$

Untuk permulaan kita melihat bahwa :

$$F_t = 0,2 (146 / ?) + 0,8 (? + ?)$$



Gambar 2.5 Garis Perkiraan Permintaan Sederhana

Ada 2 cara untuk mendapatkan perkiraan nilai awal.

$$\bar{D}_{1992} = 108,5$$

$$\bar{D}_{1993} = 146,0$$

Oleh karena itu, peningkatan trend tahunan adalah 37,5. Dalam satu kuartal, trend tersebut adalah $37,5 / 4 = 9,38$ sehingga :

$$D_t = F_0 + 9,38 \text{ (dalam jumlah / kuartal)}$$

dan karena rata-rata penjualan tahun 1992 berada tepat pada titik tengah tahun, maka :

$$108,5 = F_0 + 9,38 (2,5) \text{ (berbeda 2 kuartal di bawah dan 2 kuartal diatas 2,5)}$$

sehingga :

$$F_0 = 85,05$$

Secara umum, perkiraan kasar dari persamaan F_0 akan menjadi :

$$F_0 = \bar{D} - T_0 (2,5) \dots\dots\dots \text{ untuk data kuartalan}$$

$$F_0 = \bar{D} - T_0 (6,5) \dots\dots\dots \text{ untuk data bulanan}$$

Dengan menggunakan persamaan kasar tersebut, kita bisa mendapatkan perkiraan garis trend penjualan sebagai berikut :

| | 1992 | 1993 |
|----|--------|--------|
| Q1 | 94,43 | 131,95 |
| Q2 | 103,81 | 141,33 |
| Q3 | 113,19 | 150,71 |
| Q4 | 122,57 | 160,09 |

Sebagai contoh :

$$Q1 (1992) : 94,43 = 85,05 + 9,38$$

$$Q2 (1993) : 103,81 = 85,05 + 2 (9,38)$$

Dari perkiraan garis trend tersebut, kita dapat mengembangkan indeks musiman awal.

$$\text{indeks} = \frac{\text{Permintaan}}{\text{Perkiraan Garis Trend}}$$

| | Perkiraan Indeks Musiman | | |
|----|--------------------------|------|-----------|
| | 1992 | 1993 | Rata-rata |
| Q1 | 1,55 | 1,46 | 1,51 |
| Q2 | 0,92 | 0,90 | 0,91 |
| Q3 | 0,52 | 0,52 | 0,52 |
| Q4 | 1,09 | 1,16 | 1,13 |
| | | | 4,07 |

Q1 (1992) : $149 / 94,43 = 1,55$

Q2 (1993) : $96 / 103,81 = 0,92$

Indeks-indeks tersebut bagaimanapun akan berjumlah 4,07 padahal kita akan memperkirakan jumlahnya menjadi 4. Untuk mengoreksinya, maka kita kalikan semua data rata-rata tersebut dengan $4/4,07$ sebagai berikut :

| Rata-rata | Indeks Awal | Rumusan L_{t-4} |
|-------------------|-------------|----------------------|
| $1,51 * (4/4,07)$ | = 1,48 | $L_{1-4} = I_{-3}$ |
| $0,91 * (4/4,07)$ | = 0,89 | $L_{2-4} = I_{-2}$ |
| $0,52 * (4/4,07)$ | = 0,51 | $L_{3-4} = I_{-1}$ |
| $1,13 * (4/4,07)$ | = 1,11 | $L_{4-4} = I_0$ |
| $4,07 * (4/4,07)$ | = 4,00 | |

Kemudian data tersebut digunakan untuk meramalkan dengan Metode Winter :

$$F_1 = 0,2 (146/1,48) + 0,8 (85,05 + 9,38) = 95,27$$

$$T_1 = 0,1 (95,27 - 85,05) + 0,9 (9,38) = 9,46$$

$$f_2 = (95,27 + 9,46) * 0,89 = 93,21$$

$$I_1 = 0,05 (146 / 95,27) + 0,95 (1,48) = 1,48$$

$$F_2 = 0,2 (96/0,89) + 0,8 (95,27 + 9,46) = 105,36$$

$$T_2 = 0,1 (105,36 - 95,27) + 0,9 (9,46) = 9,52$$

$$F_3 = (105,36 + 9,52) * 0,51 = 58,59$$

$$I_2 = 0,05 (96/105,36) + 0,95 (0,89) = 0,89$$

Terakhir kita mencari nilai F_{12} , T_{12} , dan l_9 , l_{10} , l_{11} dan l_{12} sbb.:

$$\begin{aligned} F_{12} &= 199,92 & l_9 &= 1,49 \\ T_{12} &= 9,48 & l_{10} &= 0,90 \\ & & l_{11} &= 0,52 \\ & & l_{12} &= 1,11 \end{aligned}$$

untuk meramalkan permintaan tahun 1994, maka diperoleh :

$$Q_1, 1994 : f_{13} = (199,92 + 9,48) * 1,49 = 312$$

$$Q_2, 1994 : f_{14} = ((199,92 + (2 * 9,48)) * 0,90 = 197$$

$$Q_3, 1994 : f_{15} = ((199,92 + (3 * 9,48)) * 0,52 = 119$$

$$Q_4, 1994 : f_{16} = ((199,92 + (4 * 9,48)) * 1,11 = 264$$

2.11 MODEL PERAMALAN KAUSAL (SEBAB AKIBAT)

Metode peramalan kausal mendasarkan pada sebab-akibat antara permintaan yang diramalkan dengan variabel-variabel lain yang dianggap berpengaruh. Sebagai contoh permintaan akan baju baru mungkin berhubungan dengan banyaknya populasi, pendapatan masyarakat, jenis kelamin, budaya daerah, dan bulan-bulan khusus (hari raya, natal, tahun baru). Salah satu metode kausal yang sering dipakai adalah regresi sederhana.

$$\hat{y} = a + bx$$

dimana :

\hat{y} = perkiraan permintaan

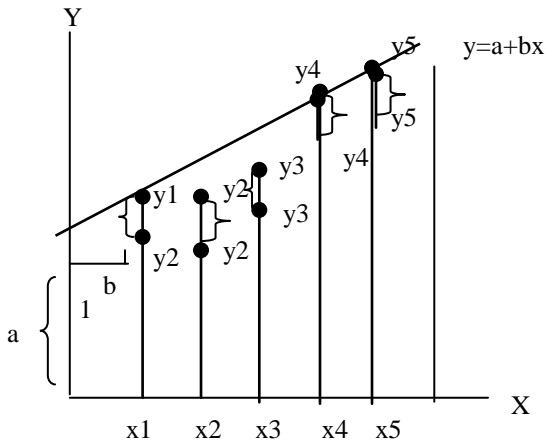
x = variabel bebas yang mempengaruhi y

a = nilai tetap y bila $x = 0$ (merupakan perpotongan dengan sumbu y)

b = derajat kemiringan persamaan garis regresi

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \{(\sum x_i)(\sum y_i)\}}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$



Karena model ini menyatakan hubungan kausal antara variabel yang mempengaruhi (x) dengan perkiraan peramalan yang dipengaruhi (y), maka kita bisa menghitung keeratan hubungan y dengan x (r^2) dengan rumus :

$$r^2 = \frac{[n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)]^2}{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}$$

CONTOH :

Data masa lalu menunjukkan penjualan rokok ARDATH (slop) terhadap biaya promosi (dalam jutaan rupiah) selama 9 bulan terlihat pada tabel di bawah ini. Bila digunakan metode regresi, hitunglah berapa perkiraan penjualan bila biaya promosi = 12 juta rupiah.

| X | Y | X ² | XY |
|------------|----------------|---------------------------|-------------------|
| 2,5 | 10.432,3 | 6,25 | 26.080,75 |
| 3,5 | 10.553,5 | 12,25 | 36.937,25 |
| 4,5 | 10.704,8 | 20,25 | 48.171,60 |
| 5,5 | 10.776,8 | 30,25 | 59.272,40 |
| 6,5 | 10.948,3 | 42,25 | 71.163,95 |
| 7,5 | 11.214,5 | 56,25 | 84.108,75 |
| 8,5 | 11.279,8 | 72,25 | 95.878,30 |
| 9,5 | 11.543,0 | 90,25 | 109.658,50 |
| 10,5 | 11.756,0 | 110,25 | 123.438,00 |
| S X = 58,5 | S Y = 99.209,0 | S X ² = 440,25 | S XY = 654.709,50 |

JAWABAN :

Dengan menggunakan persamaan sebelumnya, maka diperoleh :
 $b = 164.183$ dan $a = 9.956,03$ sehingga persamaan garis regresinya adalah :

$$\hat{y} = 9.956,03 + 164.183 x.$$

Bila $x = 12$ juta, maka nilai $\hat{y} = 9.956,03 + 164.183 (12) = 11.926,226$ juta (11,9 Milyar).

Bila variabel yang mempengaruhi perkiraan permintaan adalah waktu, maka nilai x tinggal digantikan dengan periode ke t dari perkiraan yang ingin diramalkan. Misalnya ada persamaan perkiraan permintaan selama 8 bulan adalah $\hat{y} = 5 + 3x$, maka peramalan pada :

- Bulan ke 9 = $5 + 3 (9) = 32$
- Bulan ke 10 = $5 + 3 (10) = 35$ dst.

2.12 UJI VERIFIKASI

Ada satu langkah penting setelah peramalan dibuat yaitu uji verifikasi. Uji Verifikasi adalah untuk mengetahui representatif data dalam peramalan. Salah satu alat untuk uji verifikasi adalah Peta *Moving Range* Chart (Peta MRC).

2.12.1 PETA MOVING RANGE

Peta *Moving Range* dirancang untuk membandingkan nilai permintaan aktual dengan nilai peramalan. Moving range dapat didefinisikan sebagai :

$$MR = \frac{1}{2} (\hat{y}_t - y_t) - (\hat{y}_{t-1} - y_{t-1}) \frac{1}{2}$$

Adapun rata-rata moving range didefinisikan sebagai :

$$\overline{MR} = \frac{1}{n-1} \sum MR$$

Garis tengah peta Moving Range adalah pada titik nol. Batas kontrol atas dan bawah pada peta Moving Range adalah :

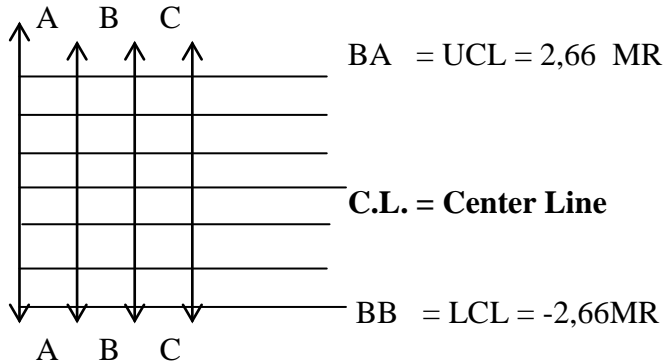
$$BKA = + 2,66 \overline{MR}$$

$$BKB = - 2,66 \overline{MR}$$

Sementara itu, variabel yang akan di plot ke dalam Peta MRC adalah :

$$Dy_t = \hat{y}_t - y_t$$

Secara kasar, jika semua titik berada didalam batas kendali, diasumsikan peramalan permintaan yang dihasilkan telah cukup baik.



Bagaimana membaca MRC secara halus :

Bila semua titik eror berada dalam batas kontrol, apakah dapat dijamin bahwa fungsi peramalan representative ??? JAWABANNYA : BELUM TENTU.

Oleh karena itu penganalisaan perlu dilanjutkan dengan membagi MRC dalam 3 daerah : A, B dan C. Check apakah titik tersebut mengikuti aturan berikut :

ATURAN 3 TITIK

Bila 3 buah titik secara berurutan jatuh pada salah satu sisi, 2 diantaranya jatuh pada daerah A Kondisi out of control.
 ----->

ATURAN 5 TITIK

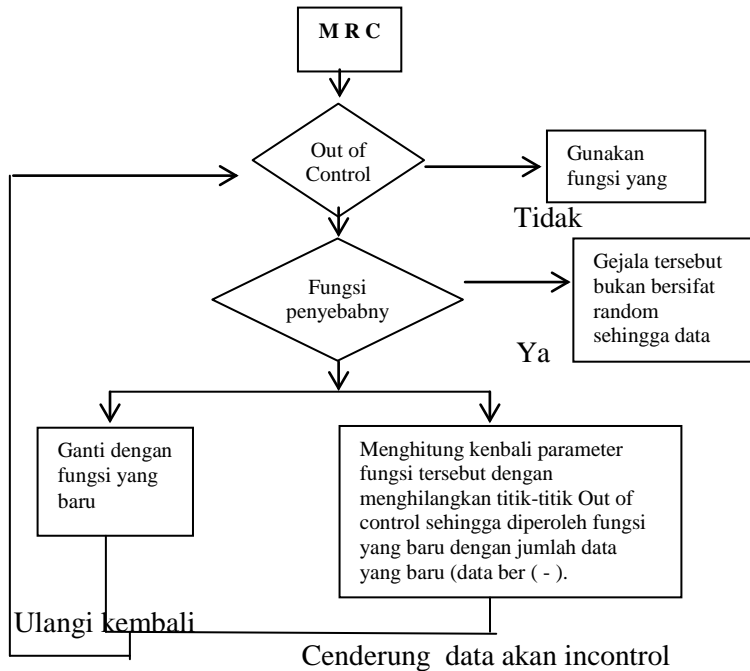
Bila 5 buah titik secara beurutan jatuh pada salah satu titik, 4 diantaranya jatuh pada daerah B Kondisi Out Of Control.
 ----->

ATURAN 8 TITIK

Jika terdapat 8 buah titik secara berurutan berada pada salah satu sisi pada daerah C Kondisi Out Of Control.

Peta Kontrol (MRC) berguna untuk :

- Melihat pola pergeseran data
- Mengetahui data-data ekstrim



Gb. 2.8 Langkah-langkah Uji Verifikasi

CONTOH :

| t | t | t . t | t ² | T ¹ | t - t | MRt |
|----|----|-------|----------------|----------------|-------|----------|
| 1 | 30 | 30 | 1 | 31 | -1 | -13-(-1) |
| 2 | 20 | 40 | 4 | 33 | -13 | 12 |
| 3 | 45 | 135 | 9 | 35 | 10 | 23 |
| 4 | 35 | 140 | 16 | 37 | -2 | 12 |
| 5 | 30 | 150 | 25 | 39 | -9 | 7 |
| 6 | 60 | 360 | 36 | 41 | 19 | 28 |
| 7 | 40 | 280 | 49 | 43 | -3 | 22 |
| 8 | 50 | 400 | 64 | 45 | 5 | 8 |
| 9 | 45 | 405 | 81 | 47 | -2 | 7 |
| 10 | 65 | 650 | 100 | 49 | 16 | 18 |
| 11 | 50 | 550 | 121 | 51 | -1 | 17 |
| 12 | 35 | 420 | 144 | 53 | -18 | 17 |

171

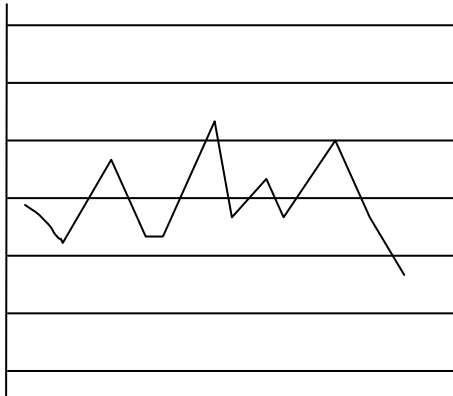
$$BA = 2,66 \times 15,5 = 41,23$$

$$BB = -2,66 \times 15,5 = -41,23$$

Apakah sebaran data (e) berada dalam batas kontrol ???

$$\underline{MR} = \frac{171}{12 - 1} \approx 15,5$$

Moving Range Chart



$$BA = UCL = 2,66 \quad MR = 41,23$$

$$2/3 \times 2,66 \quad MR = 27,48$$

$$1/3 \times 2,66 \quad MR = 13,74$$

$$\text{Center Line} = Q$$

$$-1/3 \times 2,66 \quad MR = -13,74$$

$$-2/3 \times 2,66 \quad MR = -27,48$$

$$BB = LCL = -2,66 \quad MR = -41,23.$$

Ternyata tidak ada $(dt-dt^1)$ yang berada

diluar Batas Kontrol, maka Metode Peramalan Verified.

LATIHAN

Data masa lalu permintaan produk AC 3 PK bervariasi acak selama 12 bulan sebagai berikut :

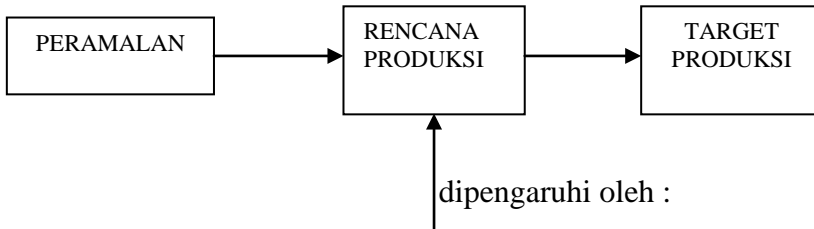
| Bulan Ke | Permintaan (Unit) |
|----------|-------------------|
| 1 | 199 |
| 2 | 202 |
| 3 | 199 |
| 4 | 208 |
| 5 | 212 |
| 6 | 194 |
| 7 | 214 |
| 8 | 220 |
| 9 | 219 |
| 10 | 234 |
| 11 | 219 |
| 12 | 233 |
| 78 | 2.553 |

Ramalkan permintaan 6 bulan ke depan dengan Metode Peramalan yang paling tepat (erornya kecil) dan verified !

BAB III

PERENCANAAN PRODUKSI

Proses perencanaan produksi dapat digambarkan sebagai berikut :



- Kapasitas pabrik, dalam bentuk tenaga kerja dan mesin
- Persediaan, dalam bentuk material

Kapasitas pabrik.

Kapasitas pabrik meliputi :

a. Kapasitas mesin

Kapasitas terpasang bisa lebih kecil, lebih besar dengan kapasitas mesin, tergantung pada mesin yang ada di jual di pasar.

Kapasitas normal = kapasitas rata-rata = persepsinya bisa berbeda.

kapasitas aktual = kapasitas yang benar-benar terjadi

Kapasitas yang di rencanakan = kapasitas desain



kapasitas pabrik

b. Kapasitas tenaga kerja

Kapasitas praktis aktual (< dari kapasitas terpasang)

3.1 METODE-METODE PERENCANAAN PRODUKSI

Perencanaan produksi dapat dilakukan dengan beerbagai macam strategi, yaitu : produksi sendiri (strategi Murni), Subkontrak atau Gabungan Strategi Murni dan Subkontrak. Strategi Murni dapat

dilakukan secara agregat atau disagregat. Strategi Murni dapat dibagi menjadi :

- a. Strategi mengatur kapasitas mesin dan tenaga kerja (Murni I)
- b. Strategi mengatur kecepatan produksi (Murni II)
- c. Strategi mengatur inventory (Murni III)

Perencanaan produksi juga dapat dilakukan secara agregat atau disagregat. Agregat adalah beberapa macam produk dilihat sebagai satu macam produk (dengan satu satuan yang sama). Disagregat adalah beberapa macam produk dilihat apa adanya sebagai beberapa macam produk dengan satuan yang berbeda-beda.

Perencanaan produksi agregat dapat dilakukan beberapa metode :

- a. Grafis
- b. Optimalisasi (LP, Transportasi Linear, dan lain-lain)
- c. Heuristik

3.2 METODE GRAFIS DAN HEURISTIK

Metode grafis ini adalah metode perencanaan agregat yang sangat sederhana dan mudah dipahami. Asumsi : $i_t = i_{t-1}$ & $p_t = d_t$
 Secara garis besar langkah perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Gambarkan histogram permintaan dan tentukan kecepatan produksi (p_t) rata-rata yang diperlukan untuk memenuhi permintaan

$$P_t \text{ rata-rata} = \frac{\sum d_t}{n}$$

2. Gambarkan grafik permintaan kumulatif terhadap waktu serta grafik permintaan rata-rata kumulatif terhadap waktu. Identifikasikan prioritas periode-periode tempat terjadinya kekurangan barang (back order) dan periode-periode adanya kelebihan barang (inventory).

1. Tentukan strategi yang akan digunakan untuk menanggulangi kekurangan dan kelebihan barang tersebut.
2. Hitung ongkos yang ditimbulkan oleh setiap strategi dan pilih yang memberikan ongkos terkecil.

CONTOH :

Perusahaan ABC telah meramalkan permintaan produknya secara agregat sebagai berikut :

| Bulan | Permintaan |
|-------|------------|
| 1 | 220 |
| 2 | 170 |
| 3 | 400 |
| 4 | 600 |
| 5 | 380 |
| 6 | 200 |
| 7 | 130 |
| 8 | 300 |

Diketahui bahwa untuk meningkatkan kecepatan produksi Rp. 1000 per unit produksi dan untuk menurunkan kecepatan produksi Rp. 1500 per unit produksi. Jika perusahaan tersebut mengadakan persediaan maka ongkos simpan per bulan Rp. 50 per unitnya.

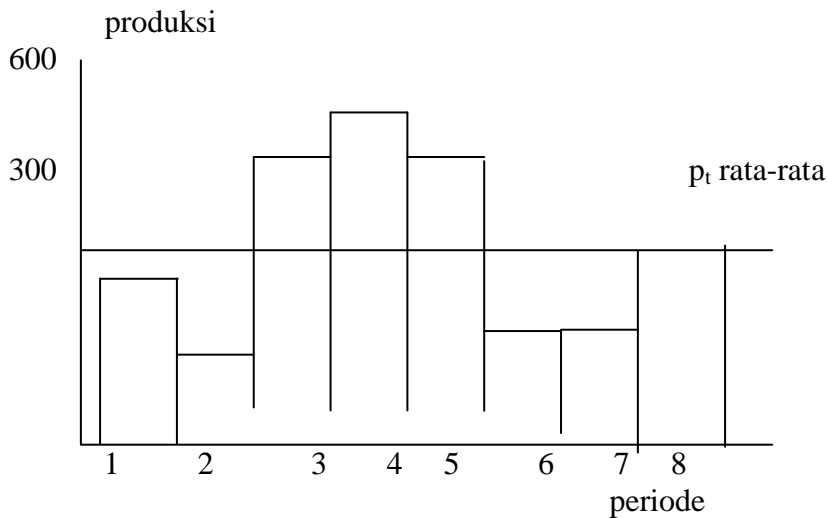
Alternatif lain yg dimiliki perusahaan untuk memenuhi permintaan adalah dengan sub kontrak dgn ongkos Rp.. 800 per unitnya. Bagaimana sebaiknya perencanaan produksi di buat ? Ongkos back order ! Rp. 100 per unit / per bulan.

JAWABAN :

a. Dengan Metode Grafik :

1. histogram permintaan dan p_t :

$$P_t \text{ rata-rata} = \frac{220 + 170 + \dots + 300}{8} = 300$$



2. Plot permintaan kumulatif terhadap waktu dan permintaan rata-rata kumulatif terhadap waktu :

| T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Permintaan | 220 | 170 | 400 | 600 | 380 | 200 | 300 |
| Rata-rata | 220 | 390 | 790 | 1390 | 1770 | 1970 | 2400 |
| Kumulatif | 300 | 600 | 900 | 1200 | 1500 | 1800 | 2400 |

b. Dengan Strategi Murni dan Subkontrak

Strategi yang mungkin digunakan dan konsekwensi ongkosnya.

Rencana 1. :Mengatur jumlah tenaga kerja, berarti tingkat produksi dibuat sama dengan tingkat permintaan yang ada. Konsekwensi biaya yang timbul adalah :

| Bulan | Permintaan (d _t) | Produksi (p _t) | Ongkos meningkatkan kecepatan produksi | Ongkos menurunkan kecepatan produksi | Ongkos total |
|-------|------------------------------|----------------------------|--|--------------------------------------|--------------|
| 1 | 220 | 220 | - | 50 x 1500 | 75 000 |
| 2 | 170 | 170 | 230 x 1000 | 75 000 | 230 000 |
| 3 | 400 | 400 | 230.000 | - | 200 000 |
| 4 | 600 | 600 | 200.000 | - | 330 000 |
| 5 | 380 | 380 | - | 330 000 | 330 000 |
| 6 | 200 | 200 | - | 270 000 | 270 000 |
| 7 | 130 | 130 | - | 105 000 | 105 000 |
| 8 | 300 | 300 | 170 000 | - | 170 000 |
| | | | | | 1 380 000 |

Rencana 2 : Mengadakan persediaan, tingkat produksi konstan

a. Produksi dilakukan pada tk. Rata-rata permintaan & fluktuasi permintaan dipenuhi dgn persediaan. Dgn cara ini akan terjadi kekurangan persediaan maksimum pada bulan 5 sebesar 270 unit, shg jika tdk diinginkan kekurangan persediaan pada awal masa produksi harus disediakan persed. Awal sebesar 270 unit.

Konsekwensi biaya yg didapatkan dgn cara ini adalah seperti sbb :

| Bulan (t) | Permintaan (dt) | Tingkat produksi (pt) | Persediaan yang timbul (it) | Penyesuaian persediaan dengan persediaan awal | Ongkos total |
|-------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|---|--------------|
| 1 | 220 | 300 | 80 | 350 | 17 500 |
| 2 | 170 | 300 | 210 | 480 | 24 000 |
| 3 | 400 | 300 | 110 | 380 | 19 000 |
| 4 | 600 | 300 | -190 | 80 | 4 000 |
| 5 | 380 | 300 | -270 | 0 | 0 |
| 6 | 200 | 300 | -170 | 100 | 5 000 |
| 7 | 130 | 300 | 0 | 270 | 13 500 |
| 8 | 300 | 300 | 0 | 270 | 13 500 |
| | | | | | 96 500 |

- b. Produksi dilakukan pada tingkat rata-rata permintaan dan kekurangan produksi (back order) dipenuhi pada periode produksi yang berlaku.

| Bulan (t) | Permintaan (dt) | Tingkat produksi (pt) | Persediaan yang timbul (it) | Back order (bt) | Ongkos produksi | Ongkos back order | Ongkos total |
|--------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | 220 | 300 | 210 | - | 4 000 | - | 4 000 |
| 2 | 170 | 300 | 110 | - | 10 500 | - | 10 500 |
| 3 | 400 | 300 | - | - | 5 500 | - | 5 500 |
| 4 | 600 | 300 | - | 190 | - | 19 000 | 19 000 |
| 5 | 380 | 300 | - | 270 | - | 27 000 | 27 000 |
| 6 | 200 | 300 | - | 170 | - | 17 000 | 17 000 |
| 7 | 130 | 300 | - | - | - | - | - |
| 8 | 300 | 300 | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | 83 000 |

Jika ongkos back order terlalu mahal maka diambil alternatif lain itu dengan sub contract.

Rencana 3: Mengadakan sub kontrak

Dgn rencana ini berhasil berarti perusahaan memproduksi tk. Permintaan yg paling rendah & kekurangan pada periode yg lain dipenuhi dgn sub kontrak.

Frekwensi biaya yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

| Bulan | Permintaan (d _t) | Produksi (p _t) | Besarnya sub kontrak | Ongkos total |
|-------|------------------------------|----------------------------|----------------------|--------------|
| 1 | 220 | 130 | 90 | 72.000 |
| 2 | 170 | 130 | 40 | 32.000 |
| 3 | 400 | 130 | 270 | 216.000 |
| 4 | 600 | 130 | 470 | 376.000 |
| 5 | 380 | 130 | 250 | 200.000 |
| 6 | 200 | 130 | 70 | 56.000 |
| 7 | 130 | 130 | 0 | 0 |
| 8 | 300 | 130 | 170 | 136.000 |
| Dt-pt | | | | 1.088.000 |

Dari beberapa alternatif di atas maka dipilih rencana 2 b sebab biaya yang dihasilkan paling murah

3.3. METODE TRANSPORTASI LAND

Dalam pendekatan ini, perencanaan agregat diubah dalam bentuk model persoalan transportasi, yang mana kapasitas merupakan sumber dan demand merupakan tujuan. Pengalokasian rencana produksi dilakukan dengan metode “Least Cost”, artinya kotak yang mempunyai biaya lebih kecil mendapatkan prioritas untuk diisi. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada contoh berikut.

CONTOH :

Sebuah perusahaan memiliki 4 periode permintaan serta 4 periode sumber daya yaitu :

| Bulan | Permintaan | Jam kerja biasa | Kapasitas jam kerja lembur | Sub kontrak |
|-------|------------|-----------------|----------------------------|-------------|
| 1 | 500 | 700 | 250 | 500 |
| 2 | 800 | 800 | 250 | 500 |
| 3 | 1.700 | 900 | 250 | 500 |
| 4 | 900 | 900 | 250 | 500 |

Diketahui pula bahwa pada periode pertama sudah terdapat persediaan adalah sebesar 100 unit dan pada akhir periode 4 diinginkan adanya persediaan sebesar 150 unit. Sedangkan ongkos produksi pada jam kerja biasa (regular time) rp. 100 per unit, pada jam kerja lembur (over time) rp. 150 per unit. Ongkos untuk mengadakan sub kontrak atau rp. 150 / unit untuk menyimpan dikenakan ongkos rp. 20 per unit per periode.

JAWABAN :

| Sumber | | Periode | | | | Kapasitas | R. Produk |
|------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Persediaan | | 100 ⁰ | - ²⁰ | - ⁴⁰ | - ⁶⁰ | - | - |
| 1 | Rt | 400 ¹⁰⁰ | - ¹²⁰ | 300 ¹⁴⁰ | - ¹⁶⁰ | 700 | 700 |
| | Ot | - ¹²⁵ | - ¹⁴⁵ | - ¹⁶⁵ | - ¹⁸⁵ | 250 | |
| | Sk | - ¹⁵⁰ | - ¹⁵⁰ | - ¹⁵⁰ | - ¹⁵⁰ | 500 | |
| 2 | Rt | X | 800 ¹⁰⁰ | - ¹²⁰ | - ¹⁴⁰ | 800 | 800 |
| | Ot | X | - ¹²⁵ | 250 ¹⁴⁵ | - ¹⁶⁵ | 250 | 250 |
| | Sk | X | - ¹⁵⁰ | - ¹⁵⁰ | - ¹⁵⁰ | 500 | |
| 3 | Rt | X | X | 900 ¹⁰⁰ | - ¹²⁰ | 900 | 900 |
| | Ot | X | X | 250 ¹²⁵ | - ¹⁴⁵ | 250 | 250 |
| | Sk | X | X | - ¹⁵⁰ | - ¹⁵⁰ | 500 | |
| 4 | Rt | X | X | X | 900 ¹⁰⁰ | 900 | 900 |
| | Ot | X | X | X | 150 ¹²⁵ | 250 | 150 |
| | Sk | X | X | X | - ¹⁵⁰ | 500 | |
| Permintaan | | 500 | 800 | 1700 | 1050 | | |

Dalam contoh di atas sistem tidak bac order sehingga kebutuhan pada periode i tidak mungkin dipenuhi oleh periode 2, tapi kalau boleh back order tentu sebaliknya.

Jadwal induk produksi:

| periode | Rencana produksi | Permintaan |
|---------|------------------|------------|
| 1 | 700 | 500 |
| 2 | 1050 | 800 |
| 3 | 1150 | 1700 |
| 4 | 1050 | 900 |

JADI YANG DI PRO-DUKSI
TIDAK SAMA DENGAN
PERMIN-TAAN

Untuk produk yang banyak diperlukan teknik agregasi dan disagregasi

BAB IV PERSEDIAAN

PENDAHULUAN

Persediaan adalah sumber daya menganggur, sehingga keberadaannya merupakan suatu pemborosan. Oleh karena itu persediaan harus bisa ditekan sekecil mungkin, bahkan kalau bisa dinolkan (seperti model JIT). Tetapi mengenolkan persediaan bukan pekerjaan yang mudah karena dampaknya menyangkut kesiapan semua lini produksi. Bila semua lini tidak siap, maka ketiadaan persediaan bisa menimbulkan terhambatnya proses produksi. Menghadapi persediaan, kita dihadapkan pada kondisi “trade off”, jumlah persediaan terlalu banyak berarti pemborosan, tetapi bila terlalu sedikit atau bahkan nol sementara semua lini produksi belum menyikapinya dampaknya bisa menimbulkan terhambatnya proses produksi.

metode persediaan PKM (MRP) secara benar.

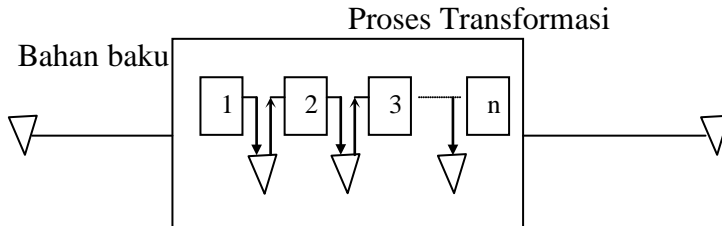
4.1 PENGERTIAN DAN FUNGSI PERSEDIAAN

Persediaan adalah suatu sumber daya menganggur (idle resources) yang menunggu proses lanjut. Yang dimaksud dengan proses lebih lanjut disini dapat berupa kegiatan produksi seperti dijumpai pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran seperti yang dijumpai pada sistem distribusi ataupun kegiatan konsumsi seperti dijumpai pada sistem rumah tangga.

Dalam sistem manufaktur, persediaan dapat ditemui dalam tiga bentuk, yaitu :

1. Bahan baku, merupakan masukan awal dari proses transformasi menjadi produk jadi.
2. Barang setengah jadi, merupakan bentuk peralihan dari bahan baku menjadi produk jadi
3. Barang jadi, merupakan hasil akhir proses transformasi yang siap dipasarkan kepada konsumen.

Kaitan antara ketiga bentuk ini dapat dilihat pada gambar berikut ini



Barang Setengah jadi

Gambar 3.1. Bentuk persediaan dalam sistem manufaktur

Dalam sistem non manufaktur, persedi³⁴ dapat ditemui baik dalam bentuk uang seperti yang ada di bank, obat-obatan seperti yang ada di apotik, darah dan para medis seperti yang ada di rumah sakit, armada pemadam kebakaran yang ada pada suatu kota dan sebagainya.

Besar kecilnya kesulitan dalam permasalahan tersebut tergantung pada berbagai faktor, diantaranya adalah :

- Permintaan yang bervariasi dan sering tidak pasti baik dalam jumlah maupun kedatangannya.
- Waktu pembuatan yang cenderung untuk tidak konstan antara satu produk dengan produk lainnya
- Waktu ancap-ancang yang cenderung tidak pasti karena berbagai faktor yang tidak dapat sepenuhnya dikendalikan
- Sistem administrasi dan pengorganisasian
- Tingkat pelayanan yang ingin diberikan
- Keberanian pihak manajemen untuk mengambil resiko

Selain akibat dari mekanisme pemenuhan atas permintaan, timbulnya persediaan dapat pula disebabkan karena adanya keinginan untuk meredam ketidakpastian (precautionary motive) dari ketiga faktor pertama diatas. Jenis persediaan yang diperuntukkan

untuk meredam ketidakpastian ini sering disebut sebagai persediaan pengaman (safety stock)

Adapun sebab lain dari timbulnya persediaan adalah keinginan untuk melakukan spekulasi (speculative motive) dengan tujuan mendapatkan keuntungan dari kenaikan harga barang di masa mendatang. Faktor spekulasi ini biasanya terjadi pada barang-barang yang langka di pasaran ataupun barang-barang yang monopolistik.

4.2 PERMASALAHAN UMUM PENGENDALIAN PERSEDIAAN

Secara implisit telah diuraikan bahwa fungsi utama persediaan adalah menjamin kelancaran mekanisme pemenuhan permintaan barang sesuai dengan kebutuhan pemakai sehingga sistem yang dikelola dapat mencapai kinerja (performance) yang optimal. Adapun permasalahan yang dihadapi di dalam pengendalian persediaan pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. Permasalahan kuantitatif, yaitu hal-hal yang berkaitan dengan penentuan jumlah barang yang akan dipesan/dibuat, saat pemesanan/pembuatan serta jumlah persediaan pengamannya. Permasalahan ini sering dikenal dengan penentuan kebijaksanaan persediaan (inventory policy), yaitu pemilihan metoda pengendalian persediaan yang terbaik.
2. Permasalahan Kualitatif, yaitu hal-hal yang berkaitan dengan sistem pengoperasian persediaan yang meliputi antara lain pengorganisasian, mekanisme dan prosedur, administrasi dan sistem informasi persediaan.

4.3 UKURAN KINERJA (PERFORMANCE) SISTEM PERSEDIAAN

Bertitik tolak dari uraian diartas, tersirat bahwa tujuan dari sistem pengendalian adalah mencari jawab optimal baik terhadap permasalahan-permasalahan kuantitatif maupun permasalahan-permasalahan kualitatif yang timbul di dalam suatu sistem

persediaan sehingga persediaan barang yang ada dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Oleh sebab itu untuk mengukur kinerja sistem persediaan diambil ukuran yang lebih operasional yaitu ongkos minimal untuk suatu kurun waktu operasi tertentu (biasanya dalam waktu satu tahun).

Penggunaan ongkos sebagai ukuran kinerja ini mengandung suatu asumsi bahwa sistem persediaan tidak akan mengurangi keuntungan yang dicapai oleh sistem usaha secara keseluruhan. Dengan asumsi ini minimasi ongkos persediaan akan berarti akan menaikkan keuntungan sistem usaha secara keseluruhan, bila faktor yang lainnya tetap.

Ukuran kinerja sistem persediaan tidak cukup diukur berdasarkan ongkosnya saja, sebab ongkos merupakan kriteria intern yang hanya diketahui oleh pengelola. Bagi pemakai/konsumen, kinerja sistem persediaan akan diukur dari tingkat pelayanan (service level) yang dapat diberikan.

Beberapa ukuran tingkat pelayanan, diantaranya adalah :

1. Presentase pemenuhan permintaan, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$a. m = \frac{\text{jml permintaan yg dapat dipenuhi segera}}{\text{jml permintaan yg datang dlm periode tsb}} \times 100\%$$

$$b. m = \frac{\text{jml barang yg dapat dipenuhi segera}}{\text{jml total barang diminta dlm periode tsb}} \times 100\%$$

2. Presentase waktu tersedianya persediaan, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$m = \frac{\text{jml hari kerja dlm 1 thn dimana tersedia brg}}{\text{jml hari kerja dlm thn yg bersangkutan}} \times 100\%$$

Kecepaan pelayanan yang dapat berupa :

- a. waktu pengiriman (delivery time)
- b. waktu proses (processing time)

Selain ketiga ukuran kinerja tingkat pelayanan tersebut diatas, dalam sistem jasa (perdagangan) sering digunakan inventory turn over sebagai ukuran efektivitas manajemen sistem persediaan. Adapaun inventory turn over adalah perbandingan antara volume penjualan tahunan dengan persediaan barang rata-rata :

$$m = \frac{\text{Volume penjualan tahunan}}{\text{persediaan barang rata-rata}}$$

ukuran kinerja ini merupakan ukuran yang bersifat relatif, oleh itu di dalam penggunaannya perlu dibandingkan dengan nilai yang diperoleh dari sistem usaha lain yang sejenis dan bergantung pada jenis barangnya. Untuk barang-barang konsumsi sehari-hari biasanya mempunyai inventory turn over yang tinggi, sedangkan barang-barang yang mahal akan mempunyai inventory turn over yang rendah. Oleh sebab itu tidak dapat dibandingkan inventory turn over dari barang-barang yang tidak sejenis. Untuk mengetahui tingkat efektivitas dengan ukuran ini maka perlu dibandingkan dengan inventory turn over barang sejenis dari sistem usaha lainnya.

4.4 ONGKOS DALAM SISTEM PERSEDIAAN

Secara umum dapat dikatakan bahwa ongkos sistem persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai akibat adanya persediaan. Adapun komponen-komponennya terdiri atas ongkos pembelian, ongkos pemesanan, ongkos simpan, ongkos kekurangan persediaan dan ongkos sistematik. Berikut ini akan diuraikan secara singkat komponen ongkos sistem persediaan tersebut.

1. Ongkos pembelian

Ongkos pembelian adalah ongkos yang dikeluarkan untuk membeli barang. Besarnya ongkos pembelian ini tergantung pada jumlah barang yang dibeli dan harga satuan barang.

2. Ongkos Pengadaan (Procurement Cost)

Ongkos pengadaan dibedakan atas dua jenis sesuai asal-usul dari barang tersebut yaitu ongkos pemesanan (order cost) dan ongkos pembuatan (set up cost)

a. Ongkos pemesanan (order cost)

Ongkos pemesanan adalah semua pengeluaran yang ditimbulkan untuk mendatangkan barang dari luar. Ongkos ini meliputi ongkos untuk menentukan pemasok (supplier), ongkos memeriksa persediaan sebelum melakukan pemesanan dan sebagainya. Biasanya ongkos ini diasumsikan tetap untuk setiap kali pemesanan barang.

b. Ongkos pembuatan (set up cost)

Ongkos pembuatan adalah semua pengeluaran yang ditimbulkan untuk persiapan memproduksi barang. Ongkos ini biasanya timbul di dalam pabrik, yang meliputi ongkos menyetel mesin, ongkos mempersiapkan gambar benda kerja dan sebagainya.

Karena kedua ongkos tersebut diatas mempunyai peran yang sama, yaitu untuk pengadaan, maka di dalam sistem persediaan ongkos tersebut sering disebut sebagai ongkos pengadaan (procurement cost) saja.

3. Ongkos simpan

Ongkos simpan adalah semua pengeluaran yang timbul akibat penyimpanan barang. Ongkos ini meliputi :

a. Ongkos memiliki persediaan

Ongkos memiliki persediaan biasanya dinyatakan sebagai prosentase terhadap nilai persediaan tersebut untuk suatu satuan waktu tertentu.

b. Ongkos Gudang

Barang disimpan memerlukan tempat untuk penyimpanan (gudang), oleh sebab itu menimbulkan ongkos gudang. Bila gudang dan fasilitas peralatannya disewa maka ongkos gudang merupakan ongkos sewa, sedang bila dimiliki sendiri maka ongkos gudang merupakan ongkos depresiasinya.

- c. Ongkos kerusakan dan penyusutan
Barang yang disimpan dapat mengalami kerusakan bahkan dapat pula mengalami penyusutan. Ongkos yang ditimbulkan karena faktor kerusakan dan penyusutan ini biasanya diukur dari pengalaman sesuai dengan prosentasinya.
 - d. Ongkos kadaluwarsa (absolaence)
Adakalanya barang-barang yang disimpan mengalami penurunan nilai karena adanya model yang lebih baru. Hal ini banyak dijumpai pada barang-barang elektronik misalnya. Besarnya ongkos kadaluwarsa ini biasanya diukur dengan besarnya penurunan nilai jual barang tersebut.
 - e. Ongkos asuransi
Untuk menjaga barang terhadap hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebakaran, huru-hara dan sebagainya maka barang yang disimpan juga diasuransikan, disebut ongkos asuransi.
 - f. Ongkos administrasi
Ongkos ini dikeluarkan untuk mengadministrasikan persediaan barang yang ada, baik pada saat pemesanan, penerimaan barang maupun penyimpanannya
 - f. Ongkos lain-lain
adalah semua ongkos penyimpanan yang belum dimasukkan ke dalam elemen ongkos diatas, biasanya bergantung pada situasi dan kondisi perusahaan.
4. Ongkos kekurangan persediaan

Apabila dijumpai tidak ada barang pada saat diminta maka akan terjadi keadaan kekurangan persediaan. Ongkos kekurangan persediaan, dapat diukur dari :

- a. Kwantitas yang tidak dapat dipenuhi
 - b. Waktu pemenuhan
 - c. Ongkos pengadaan darurat
5. Ongkos Sistemik

Selain ongkos-ongkos yang disebut di atas yang biasanya bersifat rutin maka ada ongkos lain yang disebut ongkos sistemik. Ongkos sistemik ini meliputi ongkos perancangan dan perencanaan sistem persediaan serta ongkos-ongkos untuk mengadakan peralatan (misalnya komputer) serta melatih tenaga yang digunakan untuk mengoperasikan sistem. Ongkos sistemik ini dapat dianggap sebagai ongkos investasi bagi pengadaan suatu sistem persediaan.

4.5 MODEL-MODEL PENGENDALIAN PERSEDIAAN

Secara umum model pengendalian persediaan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Model pengendalian secara statistik
2. Model perencanaan kebutuhan material
3. Model kanban

4.5.1 MODEL PENGENDALIAN PERSEDIAAN SECARA STATISTIK

Model ini menggunakan dasar ilmu matematika dan statistik sebagai alat bantu utama untuk menjawab permasalahan-permasalahan kuantitatif di dalam sistem persediaan, oleh sebab itu sering disebut metode pengendalian persediaan secara statistik (Statistical Inventory Control).

Model pengendalian persediaan secara statistik ini biasanya digunakan untuk pengendalian persediaan di mana permintaan

barang yang dikelola saling tidak bergantung. Oleh sebab itu dasar pendekatannya berorientasi pada pengendalian tiap komponen yang berdiri sendiri. Sebagai contoh adalah pengendalian persediaan barang pada pasar swalayan. Di sini besarnya permintaan sayur mayur tidak tergantung pada besarnya permintaan barang-barang pecah belah misalnya.

Di tinjau dari sejarah perkembangannya, model ini secara formal mulai dikenal sejak tahun 1929 oleh Wilson. Wilson mencoba mencari jawab dua pertanyaan dasar yaitu :

- Berapa jumlah barang yang harus dipesan untuk setiap kali pemesanan ?
- Kapan saat pemesanan dilakukan ?

Bertitik tolak dari Model Wilson ini kemudian dikembangkan berbagai model lain dalam keadaan yang lebih realistik, terutama untuk fenomena yang bersifat probabilistik. Dalam kaitan ini dikenal adanya dua metode dasar pengendalian persediaan yang bersifat probabilistik yaitu metode Q dan metode P. Metode Q pada dasarnya menggunakan aturan jumlah ukuran pemesanan yang selalu tetap untuk setiap kali pemesanan, sedang metoda P menganut aturan saat pemesanan yang reguler mengikuti suatu periode yang tetap (mingguan, bulanan dsb).

4.5.2 MODEL PERANCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL

Penggunaan model pengendalian persediaan tradisional menjadi kurang efektif bila digunakan dalam keadaan adanya ketergantungan antara kebutuhan suatu komponen/ material dengan komponen/material lainnya. Ketidak efektifan ini akan semakin terasa bila keanekaragaman jenis komponen/material yang dikelola semakin banyak.

Untuk menjawab tantangan ini di Amerika sejak tahun enam puluhan mulai dikembangkan suatu cara baru yang disebut **Perencanaan Kebutuhan Material (PKM)** atau dikenal dengan **Material Requirement Planning (MRP)**. Metode ini lahir berkat adanya kemajuan teknologi komputer, oleh sebab itu metode ini

sangat **Computer Oriented Approach**. Metode ini terdiri dari sekumpulan prosedur, aturan-aturan keputusan dan seperangkat mekanisme pencatatan yang dirancang untuk menjabarkan suatu Jadwal Induk Poduksi (JIP).

Dilihat dari sejarahnya, penerapan PKM pertama kali digunakan pada industri logam dengan tipe job shop. Di dalam sistem manufaktur, tipe semacam ni termasuk yang paling sulit untuk dikendalikan, sehingga kehadiran PKM mempunyai ati yang sangat besar di dalam meminimasi investasi untuk persediaan, memudahkan penyusunan jadwal kebutuhan setiap komponen/material yang diperlukan dan sekaligus juga PKM ini merupakan alat pengendalian produksi dan persediaan. Dalam perkembangan selanjutnya PKM dapat diterapkan juga pada setiap pengendalian persedian di dalam sistem manufaktur baik pada tipe job shop, tipe produksi massa (mass production) maupun tipe yang lain.

4.5.3 METODE KANBAN

Metode ini merupakan salah satu operasionalisasi dari konsep **Just In Time (JIT)** yang dikembangkan dalam sistem produksi Toyota Motor Co. Produksi **JIT** berarti produksi massal dalam jumlah kecil, tersedia untuk segera digunakan. Dalam JIT digunakan teknik pengendalian persediaan yang dinamakan Kanban. Dalam sistem ini, jenis dan jumlah unit yang diperlukan oleh proses berikutnya, diambil dari proses sebelumnya, pada saat diperlukan. Dan ini merupakan tanda bagi proses sebelumnya untuk memproduksi unit yang baru saja diambil. Jumlah dan jenis unit yang dibutuhkan tersebut ditulis dalam suatu kartu yang disebut juga Kanban.

Dalam sistem ini digunakan kereta sebagai tempat komponen, dengan jumlah tetap. Di dalam tiap kereta terdaat dua kartu. Sebuah kartu menandakan pesanan pada produksi, dan sebuah lagi menandakan pengambilan unit. Perbedaan utama antara sistem ini dengan kedua sistem sebelumnya terletak pada

perbedaan karakteristik “pertimbangan” yang digunakan untuk mengatur jadwal produksi. Pada dua sistem terdahulu, dilakukan proyeksi permintaan yang akan datang, dan selanjutnya penjadwalan produksi dilakukan untuk memenuhi permintaan tersebut, penjadwalan mendorong produksi (push system). Sedangkan dalam sistem kanban, jadwal produksi diatur sesuai dengan permintaan aktual (pull system).

4.6 MODEL WILSON

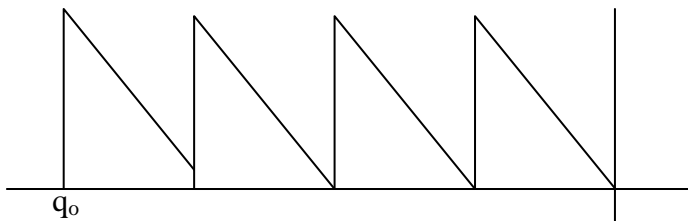
Salah satu model persediaan secara statistic adalah Model Wilson. Ada dua pertanyaan dasar yang menjadi fokus untuk dijawab di dalam model ini, yaitu :

- Berapa jumlah barang yang akan dipesan untuk setiap kali pemesanan dilakukan.
- Kapan saat pemesanan dilakukan.

Didalam mencari jawab kedua pertanyaan tersebut, WILSON membuat beberapa asumsi terhadap fenomena nyata yang dimodelkan sebagai berikut :

1. Permintaan barang selama horizon perencanaan (satu tahun) diketahui dengan pasti dan akan datang secara kontinu sepanjang waktu.
2. Barang yang dipesan akan datang secara serentak pada saat pemesanan dilakukan.
3. Harga barang yang dipesan tidak bergantung pada jumlah barang yang dipesan/dibeli.

Dengan ketiga asumsi tersebut maka posisi persediaan barang di gudang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Model Persediaan Menurut Wilson

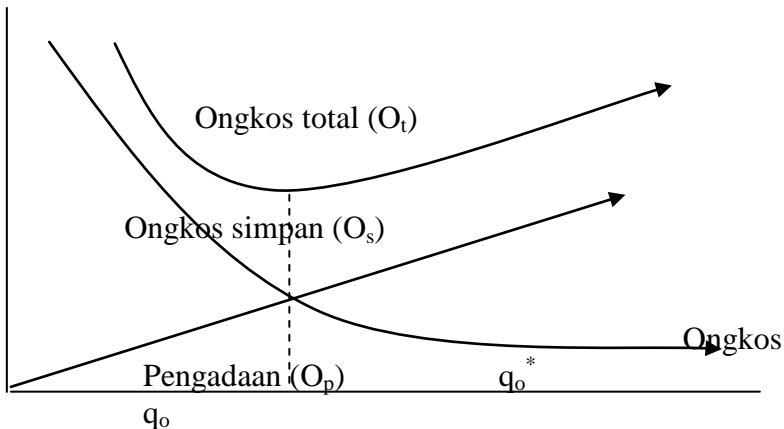
Dari gambar diatas nampak dengan jelas bahwa jawaban dari WILSON terhadap kedua pertanyaan dasar terdahulu adalah sebagai berikut :

- Pesan sebesar q_0 untuk setiap kali pemesanan dilakukan. Selanjutnya q_0 inilah yang disebut sebagai ukuran kwantitas pemesanan.
- Pemesanan ulang dilakukan pada saat persediaan barang gudang mencapai nol.

Permasalahan selanjutnya yang perlu dibahas adalah berapa besarnya q_0 yang optimal. Di dalam mencari jawab q_0 maka yang menjadi fungsi tujuan utama dari model WILSON adalah minimasi ongkos total persediaan (OT) selama horizon perencanaan (biasanya satu tahun). Berangkat dari asumsi-asumsi tersebut diatas maka ongkos total persediaan yang dimaksud disini terdiri dari dua elemen ongkos yaitu ongkos Pemesanan (O_p) dan ongkos simpan (O_s) :

$$O_t = O_p + O_s$$

Model WILSON mencoba mencari keseimbangan antara ongkos pemesanan dan ongkos simpan yang dapat memberikan ongkos total persediaan yang minimum.



Gambar 3.1 Grafik Ongkos Total dan ukuran Pemesan Optimal (q_0^*)

Selanjutnya harga dari setiap elemen-elemen ongkos tersebut dihitung dengan cara sebagai berikut :

a. Ongkos Pemesanan (O_p)

Besarnya ongkos pemesanan selama horizon perencanaan merupakan perkalian antara frekuensi pemesanan (f) dan ongkos untuk setiap kali pemesanan barang (A) , secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$O_p = f \cdot A$$

Adapun frekwensi pemesanan selama horizon perencanaan adalah banyaknya permintaan selama horizon permintaan (D) dibagi dengan ukuran pemesanannya (q_o)

$$f = D / q_o$$

Dengan demikian ongkos pemesanan selama horizon perencanaan dapat dirumuskan

$$O_p = A D / q_o$$

b. Ongkos Simpan (O_s)

Ongkos ini dapat dihitung dari hasil perkalian antara jumlah persediaan rata-rata yang ada di gudang setiap saatnya (m) dengan ongkos simpan / unit / periode (h) :

$$O_s = h \times m$$

Adapun jumlah persediaan rata-rata (m) dapat dihitung berdasarkan atas nilai equivalensi keadaan persediaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 yang diarsir yaitu sebesar $\frac{1}{2} q_o$. Dengan demikian maka ongkos simpan (O_s) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$O_s = \frac{1}{2} h q_o$$

Disini ongkos simpan / unit / periode (h) dapat dinyatakan sebagai presentase (I) dari harga satuan barang (C) :

$$H = I \cdot C$$

Bila formula yang diperoleh ini disubsitusikan maka akan diperoleh rumusan ongkos total (OT) sebagai berikut :

$$OT = A D / q_o + \frac{1}{2} h q_o$$

Satu-satunya variabel keputusan pada formula Wilson adalah ukuran kwanntitas pemesanan (q_o). Nilai optimalnya (q_o^*) dapat

ditentukan dengan menggunakan syarat optimalisasi sebagai berikut :

$$D \frac{OT}{dq_o} = 0 \longrightarrow -A \frac{D}{q_o^2} + \frac{1}{2} h = 0$$

Penyelesaiannya persamaan kwardat di atas akan memberikan ukuran kwanntitas pemesanan ekonomis q_o^* (Economic Order Quantity) sebagai berikut :

$$q_o^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

Rumusan ini selanjutnya sering dikenal dengan formula WILSON atau Rumus EOQ.

$$OT^* = \frac{AD}{\sqrt{2AD/h}} + \frac{1}{2} h \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

$$\frac{1}{2} h \sqrt{\frac{2AD}{h}} + \frac{1}{2} h \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

$$OT^* = \sqrt{2AD}$$

Dari persamaan diatas terlihat bahwa pada model WILSON titik optimal dicapai bila ongkos pesan (O_p) akan sama dengan ongkos simpan (O_s). Adapun waktu antar pemesanan (T^*) yang optimal dapat dicari sebagai berikut :

$$T^* = \frac{q_o}{D} = \sqrt{\frac{2AD/h}{D}}$$

$$(2-7) \quad T^* = \sqrt{\frac{2A}{Dh}} \dots\dots\dots$$

Walaupun formula tersebut diturunkan dengan asumsi waktu anjang-ancang nol, tapi hasil-hasil yang diperoleh ini tidak akan mengalami perubahan untuk waktu anjang yang tidak

nol. Dalam hal ini yang berubah adalah saat pemesanannya yaitu pada saat tingkat persediaan sebesar :

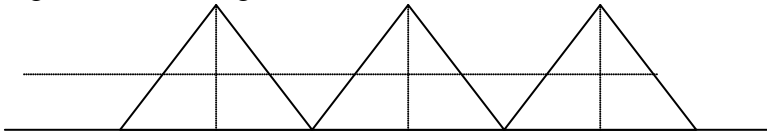
$$r = D \cdot L$$

dengan demikian aturan pemesanan bila lead time $L = 0$ adalah sebagai berikut :

- a) Pesanan sebesar $q_0^* = \sqrt{2AD/h}$ untuk setiap kali pemesanan dilakukan
- b) Pemesanan dilakukan saat tingkat persediaan mencapai $r = D \cdot L$

4.7 PENGARUH KEDATANGAN UNIFORM

Salah satu asumsi dalam model WILSON adalah bahwa barang yang dipesan akan datang secara serentak. Dengan asumsi kedatangan yang uniform ini maka situasi persediaan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Situasi persediaan dengan kedatangan uniform

Dengan asumsi kedatangan uniform tersebut, yang mengalami perubahan adalah tingkat persediaan rata-rata setiap saatnya. Yang akan berakibat terhadap perubahan ongkos simpanannya, sedangkan ongkos pengadaan ini tidak akan mengalami perubahan. Besarnya tingkat persediaan rata-rata setiap saatnya (m) dihitung sebagai berikut :

- Waktu pengiriman yang diperlukan untuk memenuhi permintaan sebesar q_0 adalah $t = q_0/R$
- Jumlah kebutuhan yang harus dipenuhi selama t perioda adalah sebesar $q_t = t \cdot D = q_0 \cdot D/R$
- Tingkat persediaan maximum dicapai pada akhir perioda t adalah sebesar:

$$Q_{\max t} = q_o - q_o D/R$$

$$Q_{\max t} = q_o (1 - D/R)$$

Hal ini memberikan tingkat persediaan rata-rata : $\frac{1}{2} q_{\max t}$ atau $\frac{1}{2} q_o (1 - D/R)$

Dengan demikian total ongkos persediaan OT adalah sebesar

$$OT = A D/q_o + \frac{1}{2} h q_o (1 - D/R)$$

Agar total ongkos minimal maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

$$\frac{dOT}{dq_o} = 0$$

$$= A D/q_o^2 + \frac{1}{2} h (1 - D/R) = 0$$

sehingga diperoleh ukuran persediaan optimal

$$q_o^* = \sqrt{\frac{2AD}{h(1 - D/R)}}$$

sedangkan total ongkos optimal adalah :

$$OT^* = \sqrt{2ADh(1 - D/R)}$$

4.8 PENGARUH POTONGAN HARGA

Didalam menghadapi adanya pengaruh potongan harga (rabat) terhadap pembelian yang semakin banyak ongkos pembelian barang tersebut menjadi suatu yang bersifat variabel sehingga perlu dimasukkan ke dalam ongkos total persediaan. Oleh karena itu ongkos persediaan dinyatakan sebagai berikut :

$$OT = O . \text{pengadaan} + O . \text{simpan} + O . \text{Pembelian}$$

$$OT = O_p + O_s + O_b$$

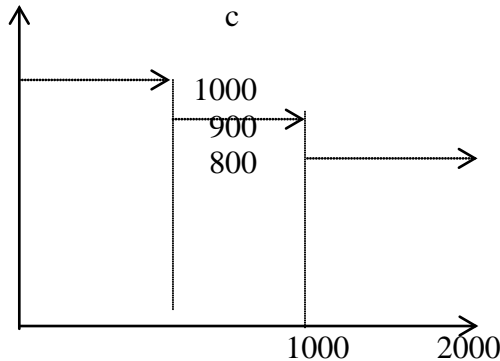
$$OT = A D/q_o + \frac{1}{2} h q_o + c D$$

Dimana :

c : harga barang per unit yang merupakan fungsi dari q_o

$c = f(q_o)$

biasanya $c = f(q_o)$ merupakan suatu fungsi yang uniform untuk suatu interval tertentu seperti terlihat pada gambar berikut :

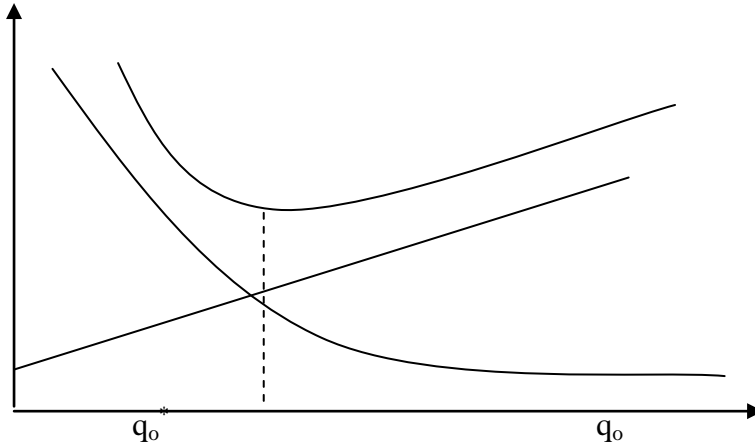


Gambar 3.4 Bentuk fungsi $c = f(q_o)$

Jika digunakan fungsi seperti terlihat pada gambar diatas maka harga barang per unit adalah :

- Rp 1000 bila membeli $q_o < 1000$ unit
- Rp 900 bila membeli $1000 < q_o < 2000$
- Rp 800 bila membeli $q_o > 2000$

Karena bentuk fungsi $c = f(q_o)$ yang berupa tangga (diskontinu) maka dengan sendirinya formula Wilson hanya dapat diberlakukan pada setiap interval saja. Hal ini berarti bahwa nilai optimal yang diperoleh hanya berlaku untuk interval harga tertentu saja. Gambar berikut ini menunjukkan hubungan antara ongkos total dengan jumlah barang yang dibeli padaharga seperti ditunjukkan oleh fungsi pada gambar diatas



Gambar 3.5 Model Wilson dengan Potongan Harga

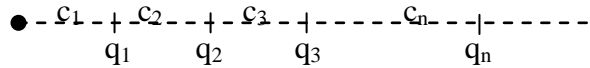
Gambar tersebut memperlihatkan bahwa :

- Pada harga $c = 1000$ ukuran pemesanan yang optimal dihitung dengan formula wilson (q_o^*) adalah sebesar 1500, namun jumlah ini jatuh diluar interval harga yang diperbolehkan sehingga (q_o^*) untuk harga $c = 1000$ adalah 1000 unit .
- Pada harga $c = 900$, ukuran pemesanan yang optimal dihitung dengan formula wilson (q_o^*) adalah sebesar 1700, namun jumlah ini jatuh diluar interval harga yang diperbolehkan sehingga (q_o^*) untuk harga $c = 900$ adalah 1700 unit.
- Pada harga $c = 800$, ukuran pemesanan yang optimal dihitung dengan formula wilson (q_o^*) adalah sebesar 2500 , namun jumlah ini jatuh diluar interval harga yang diperbolehkan sehingga (q_o^*) untuk harga $c = 800$ adalah 2500 unit.

Disini total ongkos yang minimal dicapai pada $q_o^* = 2500$

Dengan demikian harga pembelian sebesar 800. Dengan melihat fungsi antara OT dan q_o yang diskontinu pada batas peralihan

harga, maka salah satu prosedur untuk mencari ukuran pemesanan yang optimal q_o^* adalah sebagai berikut :



- Hitung untuk suatu interval ke- i harga $(q_o^* w)_i$
- Bila $(q_o^* w) > q_i$ maka $(q_o^*)_i = q_i$
- Bila $(q_o^* w) < q_i$ maka $(q_o^*)_i = q_{i-1}$
- Bila $q_{i-1} < (q_o^* w)$ maka $(q_o^*)_i = q_{i-1}^*$

Secara skematis hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6

CONTOH :

Sebuah perusahaan memerlukan sejumlah 100.000 unit bahan per tahun yang harus dipesan dengan ongkos pemesanan sebesar Rp. 2.500.000 untuk setiap kali pemesanan. Untuk menyimpan bahan tersebut diperlukan ongkos yang besarnya 20% dari harga bahan untuk penyimpanan per unit per perioda. Untuk membeli bahan tersebut, pihak penjual menerapkan potongan sesuai dengan kuantitas barang yang dibeli dengan harga yaitu :

- 25.000 untuk pembelian kurang dari 10.000 unit
- 24.000 untuk pembelian antara 10.000-15.000
- 23.000 untuk pembelian diatas 15.000

maka :

- Untuk c : 25.000 diperoleh $q_o^* = 10.000$

Ternyata untuk $q_o^* = 10.000$ tidak sesuai dengan interval harga 25.000 dimana seharusnya berada pada interval dengan harga 24.000 maka

$$\begin{aligned}
 OT &= D c_i + A D / q_o^* + h_i (1/2 - q_o^*) \\
 &= (100.000) (25.000) + (2.500.000) (100.000) / (9.999) + 0,2 \\
 &\quad (25.000) (1/2 \times 9.999) \\
 &= 0,244900 \text{ milyar rupiah}
 \end{aligned}$$

4.9 MODEL PERSEDIAAN STATIS

Persediaan statis adalah jenis persoalan persediaan yang hanya memungkinkan sekali pemesanan saja untuk memenuhi suatu demand tertentu. Pemesanan kembali tidak dapat dilakukan lagi karena:

- (a) Musim penjualan, dengan kata lain timbulnya demand sangat singkat sehingga tidak ada kesempatan untuk mengadakan pemesanan kembali. Misalkan saja demand akan pohon nata atau paket lebaran yang hanya muncul pada hari natal atau hari lebaran saja.
- (b) Biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan kembali sangat mahal sehingga pembiayaan menjadi tidak ekonomis lagi. Misalkan saja pengadaan persediaan kapasitas pabrik. Apabila demand produk pabrik tersebut meningkat maka penambahan kapasitas pemesanan kembali -- tidak mudah dilakukan sebab biaya yang dibutuhkan untuk itu sangat mahal.

Bentuk persoalan persediaan statis ini dapat juga dilihat pada persoalan pengadaan suku cadang suatu alat atau mesin. Mesin-mesin tertentu, misalkan generator, biasanya menawarkan suku cadangnya dalam harga yang murah pada saat pembeliannya. Pembelian suku cadang dapat dilakukan kemudian tetapi dengan harga yang mahal ditambah lagi adanya waktu ancap-ancang (lead time) pengadaan suku cadang tersebut yang mengakibatkan generator menjadi tidak berfungsi sepanjang waktu tersebut, yang berarti juga kerugian bagi pemilik generator. Di lain pihak pembelian suku cadang yang berlebihan juga merugikan. Apabila suku cadang tidak terpakai maka nilainya tidak ada lagi, walaupun ada rendah sekali, yaitu sebagai salvage value. Persoalannya adalah berapa suku cadang yang harus dibeli -- disediakan -- pada saat pembelian agar kerugian yang diderita pembeli generator sekecil mungkin.

Persoalan persediaan statis dapat dikelompokkan menjadi :

- (a) Persediaan statis pasti dimana demand diketahui dengan pasti jumlahnya. Karena hanya ada sekali pemesanan dan demand diketahui dengan pasti maka ini bukan merupakan persoalan.
- (b) Persediaan statis berisiko dimana demand hanya diketahui distribusi kemungkinan saja
- (c) Persediaan statis tidak pasti dimana informasi mengenai demand sama sekali tidak diketahui.

4.9.1 . Persediaan Statis Berisiko

Seperti telah disebutkan di depan, persediaan statis berisiko adalah persoalan persediaan statis yang hanya dilengkapi dengan informasi maupun distribusi kemungkinan demandnya saja. Untuk melihat persoalan tersebut, diambil dua kasus sebagai contoh.

CONTOH :

Contoh pertama ini membahas persoalan persediaan statis yang timbul karena musim penjualan yang sangat singkat. Seorang pedagang menjual sejenis barang tertentu yang hanya laku pada selang waktu singkat sehingga ia hanya memiliki kesempatan untuk memesan barang tersebut sekali saja. Distribusi kemungkinan permintaan barang tersebut adalah sebagai berikut :

| Demand | Kemungkinan |
|--------|-------------|
| 100 | 0,05 |
| 200 | 0,20 |
| 300 | 0,40 |
| 400 | 0,25 |
| 500 | 0,10 |

Harga barang tersebut per unit adalah Rp. 2.000,- dan ia bisa menjualnya dengan harga Rp. 4000,- per unitnya. Apabila barang yang dijual masih tersisa sedangkan musim penjualan sudah habis atau tidak ada lagi demand, penjual tersebut bisa mengobral barang tersebut dengan harga Rp. 500,-.

Persoalannya berapa penjual tersebut harus menyediakan barang agar ia mendapat keuntungan terbesar ?

Dapat dilihat terdapat kemungkinan tingkat permintaan dan penjual pun mempunyai lima alternatif penyediaan barang sehingga didapatkan $5 \times 5 = 25$. Kemungkinan yang dapat digambarkan dalam matriks pay off sebagai berikut :

| Pesanan | Demand | | | | |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 100 | F_{11} | F_{12} | F_{13} | F_{14} | F_{15} |
| 200 | F_{21} | F_{22} | F_{23} | F_{24} | F_{25} |
| 300 | F_{31} | F_{32} | F_{33} | F_{34} | F_{35} |
| 400 | F_{41} | F_{42} | F_{43} | F_{44} | F_{45} |
| 500 | F_{51} | F_{52} | F_{53} | F_{54} | F_{55} |

F menunjukkan pay off yang terjadi. Misalkan F_{34} menunjukkan pat off penjual memesan 300 unit barang tetapi kenyatannya demand barang adalah 400 unit. Apabila dimisalkan :

x = jumlah barang yang dipesan

y = tingkat demand

maka ada kemungkinan jumlah barang yang dipesan melebihi tingkat demand, kurang dari tingkat demand atau sama dengan tingkat demand ; $x > y$ atau $x < y$. Ongkos yang timbul pada setiap kejadian tersebut dengan demikian dapat dihitung sebagai berikut :

| | $x > y$ | $x < y$ |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Harga beli barang | $2000x$ | $2000x$ |
| Harga jual barang | $4000y$ | $4000x$ |
| Obral barang | $500(x - y)$ | 0 |
| Jumlah pendapatan penjual | $400y + 500(x - y)$ $-2000x$ | $4000x -$ $2000x$ |

Dengan demikian untuk setiap pay off didapat nilai-nilai sebagai berikut :

| Pesan | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 100 | 200.000 | 200.000 | 200.000 | 200.000 | 200.000 |
| 200 | 50.000 | 400.000 | 400.000 | 400.000 | 400.000 |
| 300 | -100.000 | 250.000 | 600.000 | 600.000 | 600.000 |
| 400 | -250.000 | 100.000 | 450.000 | 800.000 | 800.000 |
| 500 | -400.000 | -50.000 | 300.000 | 650.000 | 1.000.000 |

Untuk menentukan berapa tingkat pemesanan yang dilakukan maka harus dihitung nilai ekspektasi setiap tingkat pemesanan. Tingkat pemesanan dengan nilai ekspektasi terbesar yang dipilih karena ini yang menunjukkan ekspektasi keuntungan terbesar yang dapat diterima penjual. Sebagai contoh nilai ekspektasi untuk tingkat pemesanan 100 unit barang adalah :

$$EV_{100} = (0,05 \times 200.000) + (0,20 \times 200.000) + (0,40 \times 200.000) + (0,25 \times 200.000) + (0,10 \times 200.000) = 200.000$$

dengan cara yang sama didapatkan nilai ekspektasi untuk setiap tingkat pemesanan adalah :

| Tingkat Pemesanan | Nilai ekspektasi |
|-------------------|------------------|
| 100 | 200.000 |
| 200 | 382.500 |
| 300 | 495.000 |
| 400 | 467.500 |
| 500 | 352.500 |

4.9.2 PERSEDIAAN STATIS TIDAK PASTI

Penyelesaian persoalan persediaan statis tidak pasti murni diselesaikan dengan teori keputusan. Pada dasarnya penyelesaian yang dilakukan adalah berupa pembuatan kriteria keputusan yang

dapat mengurangi ketidakpastian tersebut. Beberapa kriteria keputusan yang dipakai dalam menyelesaikan persoalan tersebut adalah :

a. Kriteria Minimaks dan Maksimin

Pada dasarnya kriteria ini berusaha mencari kondisi terburuk dari alternatif-alternatif yang ada, baik berupa kondisi minimal seperti besar keuntungan yang mungkin diraih, maupun kondisi maksimal seperti besar ongkos yang mungkin dikeluarkan. Kemudian dari kondisi-kondisi terburuk ini dipilih yang terbaik. Bila kondisi terburuk berupa kondisi minimal maka pilihan terbaik adalah maksimum dari alternatif-alternatif kondisi minimal tersebut. Inilah yang disebut kriteria minimaks. Kebalikannya adalah bila kondisi terburuk berupa kondisi maksimal maka pilihan terbaik adalah minimumnya yang disebut kriteria maksimin. Periksa kembali contoh soal pemesanan barang di depan. Disini diambil sebagian matriks pay off-nya sebagai berikut :

| Pesanan | demand | | |
|---------|----------|---------|---------|
| | 100 | 200 | 300 |
| 100 | 200.000 | 200.000 | 200.000 |
| 200 | 50.000 | 400.000 | 400.000 |
| 300 | -100.000 | 250.000 | 600.000 |

Matriks pay off tersebut menunjukkan keuntungan yang mungkin diraih. Berarti kondisi terburuk dari setiap alternatif pemesanan adalah minimal keuntungan seperti yang terlihat berikut ini :

| Pesanan | Pay off terburuk |
|---------|------------------|
| 100 | 200.000 |
| 200 | 50.000 |
| 300 | -100.000 |

Kondisi terbaik dari yang terburuk ini -- minimaks -- berarti adalah mendapatkan keuntungan Rp.200.000,- yang tidak lain adalah strategi pemesanan 100 unit barang.

b. Regret Criterion (Kriteria Penyesalan)

Kriteria ini didasarkan pada pendapat bahwa seorang pengambil keputusan akan berusaha memperkecil penyesalannya atas pilihan strategi yang diambilnya. Penyesalannya ini bila digambarkan pada contoh soal yang sama, berupa perbedaan keuntungan yang dapat diraih andaikata strategi yang dipilih benar. Misalkan diputuskan memesan 200 unit barang. Ternyata demand sebenarnya adalah 100 unit barang. Penyesalan yang terjadi adalah perbedaan antara keuntungan yang diperoleh dengan strategi pemesanan 200 unit tersebut yaitu Rp. 50.000,- dengan keuntungan yang sebenarnya dapat diraih andaikata strategi pemesanan yang dipilih benar yaitu Rp. 200.000,-. Dengan demikian dapat dibuat matriks penyesalan atas persoalan diatas sebagai berikut :

| Pesan | demand | | |
|-------|---------|---------|---------|
| | 100 | 200 | 300 |
| 100 | 0 | 200.000 | 200.000 |
| 200 | 150.000 | 0 | 200.000 |
| 300 | 100.000 | 150.000 | 0 |

Penyesalan maksimal pada setiap strategi adalah :

| Pesan | Penyesalan maksimal |
|-------|---------------------|
| 100 | 200.000 |
| 200 | 200.000 |
| 300 | 150.000 |

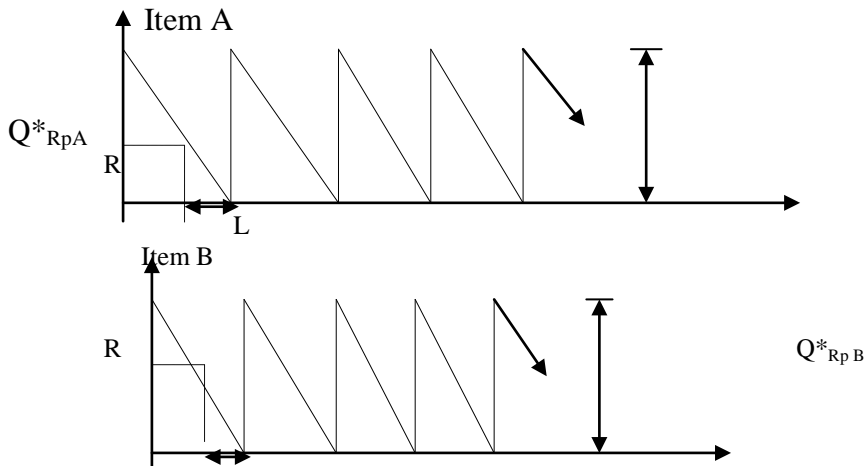
Dengan demikian bila perilaku pengambil keputusan adalah memperkecil penyesalan yang terjadi, maka strategi yang dipilih jelas adalah pemesanan sebesar 300 unit.

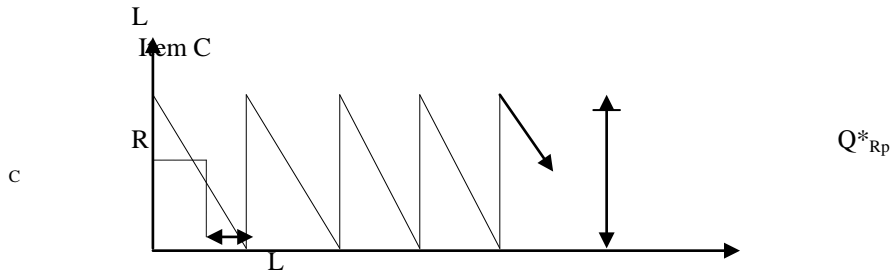
4.10 MODEL STATIS EOQ BANYAK ITEM

Model ini merupakan model EOQ untuk pembelian bersama (joint purchass) beberapa jenis item, dimana asumsi-asumsi yang dipakai adalah :

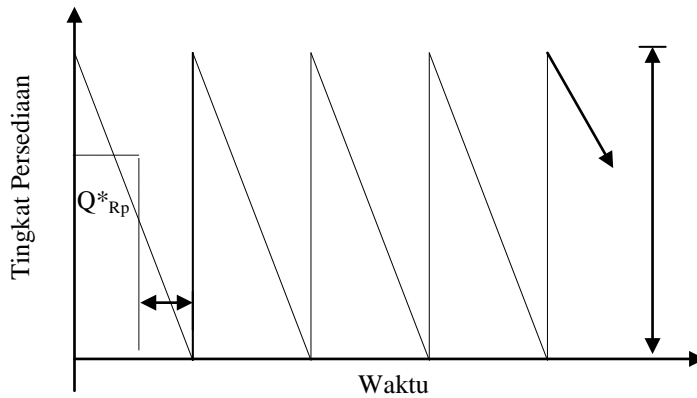
- ↳ Tingkat permintaan untuk setiap item bersifat konstan dan diketahui dengan pasti, lead time juga diketahui dengan pasti, Oleh karena itu, tidak ada stockout maupun biaya stockout.
- ↳ Lead timenya sama untuk semua item, dimana semua item yang dipesan akan datang pada satu titik waktu yang sama untuk setiap siklus.
- ↳ Holding cost, harga per unit (unit cost) dan ordering cost untuk setiap item diketahui. Tidak ada perubahan dalam biaya per unit (seperti quantity discount), ordering cost dan holding cost.

Gambar 2.12 di bawah ini menjelaskan kondisi grafis model EOQ untuk joint purchass, dimana biaya total untuk menentukan ukuran lot terpadu (Aggregate Lot Size) untuk item-item yang dipesan adalah sebanding dengan jumlah ordering cost dan holding cost semua item periode tersebut.





Item (A + B + C) berkelompok



Gambar 2.12 Hubungan tingkat persediaan dengan waktu Untuk Lot Pembelian Terpadu

Dimana : L = lead time
 R = reorder point
 Q^*_{Rpi} = EOQ (dalam satuan rupiah) untuk item ke- i
 Q^*_{Rp} = aggregate lot size (dalam satuan rupiah)

Penentuan rumus EOQ untuk kasus joint purchass diperoleh dengan menderivasi biaya total persediaan yang terdiri dari total ordering cost dan total holding cost selama periode tertentu, dimana :

$$\text{Total Ordering Cost} = \frac{(K + \sum k_i)D}{\sum Q_{Rpi}}$$

Keterangan :

K = biaya pemesanan yang tidak tergantung jumlah item (biasanya disebut mayor ordering cost)
 k_i = biaya pemesanan tambahan karena adanya penambahan item- i ke dalam pesanan (termasuk biaya pencatatan, penerimaan dan pengiriman item- i tersebut). Biaya –biaya ini juga disebut minor ordering cost
 d_i = biaya selama periode tertentu untuk item- i
 $D = \sum d_i$ = biaya yang diperlukan selama periode tertentu untuk semua itu.
 $Q_{Rp} = \sum Q_{Rpi}$ = EOQ untuk ukuran lot terpadu dalam “nilai” rupiah
 Q^*_{Rp} = EOQ optimal untuk ukuran lot terpadu dalam “nilai” rupiah.

Total holding cost sebanding dengan holding cost per unit per tahun (h) dikalikan rata-rata nilai persediaan, dimana dalam kasus yang sifat kebutuhannya deterministik dan sifat pengadaannya

“instantaneous”, maka total holding cost tersebut akan sebanding dengan setengah dari ukuran lot terpadu.

$$\text{Total Holding Cost} = \frac{h}{2}(Q_{Rpi})$$

Sehingga :

$$\text{Total cost (TC)} = \frac{(K + k_i)D}{Q_{Rpi}} + \frac{h}{2}(Q_{Rpi})$$

Dengan menderivikasikan persamaan 2.20 terhadap Q_{Rpi} maka diperoleh :

$$Q_{Rpi} = \sqrt{\frac{2(K + k_i)D}{h}}$$

Dimana nilai Q_{Rp}^* merupakan nilai EOQ optimal yang akan meminimumkan TC (Buktikan !).

EOQ untuk masing-masing item dalam “nilai” rupiah diperoleh dari membagi D dengan D seabagi berikut :

$$Q_{Rp i}^* = \frac{Q_{Rp}^*}{D} \cdot D$$

EOQ untuk masing-masing item dalam “unit” sebanding dengan Q_{Rp}^* dibagi dengan unit costnya C_i , sehingga diperoleh :

$$Q_i^* = \frac{Q_{Rp i}^*}{C_i}$$

Jarak antar pemesanan optimal (t^*) diperoleh dengan cara membagi lamanya periode (misalnya : 1 tahun) dengan frekuensi pemesanan yang terjadi selama periode tersebut, sehingga :

$$t^* = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{D}{Q_{Rp}^*}} = \frac{Q_{Rp}^*}{D}$$

sebagai contoh kasus ini, perhatikan data pada tabel di bawah ini yang diperoleh dari pembelian sekelompok item dari pemasok tunggal.

| Item | Kebutuhan per tahun | Unit cost | Kebutuhan Rp tahunan (d_i) | Minor ordering cost (k_i) | $\frac{d_i}{D}$ |
|--------|---------------------|-----------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 1. | 1.000 | 5,0 | Rp. 5.000 | Rp 5 | 0,0567 |
| 2. | 2.500 | 6,0 | Rp. 15.000 | Rp10 | 0,1701 |
| 3. | 800 | 3,5 | Rp 2.800 | Rp15 | 0,0317 |
| 4. | 3.200 | 12,0 | Rp 38.400 | Rp10 | 0,4354 |
| 5. | 1.800 | 15,0 | Rp 27.000 | Rp10 | 0,3016 |
| Jumlah | | | Rp. 88.200 | Rp. 50 | 1,0000 |

Bila diketahui $h = 0,30$ dan $K = \text{Rp. } 70$, maka :

$$Q_{Rp}^* = \sqrt{\frac{(2)(70 + 50)(\text{Rp.}88.200)}{0,30}} = \text{Rp.}8.400$$

$$Q_{Rpi}^* = \frac{d_i}{D} \times Q_{Rp}^* \quad \text{dan} \quad Q_i^* = \frac{Q_{Rpi}^*}{C_i}$$

$$Q_{Rp_1}^* = 0,0567 \times \text{Rp } 8.400 = \text{Rp. } 476,28$$

$$Q_{Rp_2}^* = 0,1701 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 1.428,84$$

$$Q_{Rp_3}^* = 0,0317 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 266,28$$

$$Q_{Rp_4}^* = 0,4354 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 3.657,36$$

$$Q_{Rp_5}^* = 0,3061 \times \text{Rp. } 8.400 = \text{Rp. } 2.571,24$$

$$Q_1^* = \text{Rp } 476,28 : \text{Rp } 5 = 95,26 \text{ Unit}$$

$$Q_1^* = \text{Rp } 1.428,84 : \text{Rp } 6 = 238,14 \text{ Unit}$$

$$Q_1^* = \text{Rp } 266,28 : \text{Rp } 3,5 = 76,08 \text{ Unit}$$

$$Q_1^* = \text{Rp } 3.657,36 : \text{Rp } 12 = 304,78 \text{ Unit}$$

$$Q_1^* = \text{Rp } 2.571,24 : \text{Rp } 15 = 171,42 \text{ Unit}$$

4.11 MODEL STATIS EPQ

Model persediaan ini disebut model EPQ (Economic Production Quantity), dimana pemakaiannya terjadi pada perusahaan yang pengadaan bahan baku atau komponennya dibuat sendiri oleh perusahaan. Dalam hal ini, tingkat produksi perusahaan untuk membuat bahan baku (komponen) diasumsikan lebih besar daripada tingkat pemakaiannya ($P > D$). Karena tingkat produksi (P) bersifat tetap dan konstan, maka model EPQ juga disebut model dengan jumlah produksi tetap (FPQ). Tujuan dari model EPQ ini adalah menentukan berapa jumlah bahan baku (komponen) yang harus diproduksi, sehingga meminimasi biaya persediaan yang terdiri dari biaya setup produksi dan biaya penyimpanan.

Dalam model ini, jumlah produksi setiap sub siklus tetap harus dapat memenuhi kebutuhan selama t_0 , atau bisa dinotasikan :

$$Q = D \cdot t_0$$

Jika diasumsikan bahwa waktu yang diperlukan untuk memproduksi sejumlah Q unit pada tingkat produksi P adalah t_p , kita bisa dapatkan persamaan :

$$Q = P \cdot t_p$$

Dari gambar 2,14 terlihat bahwa setiap siklus persediaan terdiri atas dua tahap :

1. Tahap produksi, dimana perusahaan memproduksi bahan baku (komponen) dengan tingkat produksi P dan sekaligus

menggunakan secara langsung untuk membuat produk jadi selama sub siklus produksi (t_p). Tahap produksi ini berhenti pada tingkat persediaan mencapai I_{\max} , dimana :

$$I_{\max} = (P - D) t_p$$

2. Tahap persediaan, dimana perusahaan dalam memproduksi produk jadi memakai bahan baku (komponen) sisa produksi yang menjadi persediaan dari tahap sebelumnya selama periode t_i . Pada tahap ini, jika persediaan telah mencapai tingkat R, maka harus diadakan set-up (persiapan) produksi yang lamanya tergantung lead time (L). Jadi, L dalam model ini menyatakan waktu yang diperlukan untuk set-up produksi.

Tujuan dari model ini adalah meminimasi TIC yang terdiri dari set-up cost dan holding cost, atau :

$$TIC = \text{set up cost} + \text{holding cost} \quad (2.36)$$

Dimana untuk meminimasi TIC tersebut, kita harus menyatakan komponen-komponen biaya tersebut dalam variabel keputusan Q. Komponen-komponen biaya pada persamaan diperoleh dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\text{set up cost per periode} = k \frac{D}{Q}$$

Untuk mencari holding cost, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

$$\text{Persediaan rata-rata } (I_H) = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2}, \text{ dimana } I_{\min} = 0$$

Karena $I_{\max} = (P-D) t_p$ dan $Q = P \cdot t_p$, maka diperoleh :

$$\text{Persediaan maksimum } (I_{\max}) = (p - D) \frac{Q}{P} = \frac{p - D}{P} Q$$

Maka, holding cost per periode = $h_{CI} \frac{Q}{2} - \frac{D}{P} \frac{Q^2}{2}$

Dari keterangan di atas, kita dapatkan persamaan :

$$TIC = k \frac{D}{Q} + h_{CI} \frac{Q}{2} - \frac{D}{P} \frac{Q^2}{2}$$

Dengan mendiferensial persamaan 2,20 terhadap Q, maka diperoleh jumlah produksi yang meminimasi set up cost dan holding cost. Jumlah produksi ekonomis ini bisa disebut EPQ yang akan dinotasikan sebagai Q_0 .

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Dk}{h_{CI} - \frac{D}{P}}}$$

Dimana waktu antara set up ke set up berikutnya :

$$t_0 = \frac{Q_0}{D}$$

Dan TIC minimum diperoleh dengan memasukkan nilai Q_0 ke persamaan sehingga di dapat :

$$TIC_0 = \sqrt{2h_{CI} \frac{D}{P} k}$$

CONTOH :

Suatu perusahaan memproduksi peralatan kemudi lengkap yang terdiri dari proses dan roda kemudi. Permintaan kemudi mobil didasarkan atas permintaan mobil yang sifat tetap dan diketahui sebesar 6.400 unit/tahun. Roda kemudi yang digunakan sebagai bagian peralatan kemudi dapat diproduksi sendiri dengan kecepatan produksi 128 unit/hari. Biaya set up setiap siklus produksi Rp. 24 dan holding cost Rp. 3 per unit / tahun. Bila diketahui dalam 1 tahunnya perusahaan beroperasi selama 250 hari,

maka tentukan kebijaksanaan perusahaan untuk komponen roda kemudi tersebut.

JAWABAN :

Diketahui : $D = \text{Rp. } 6\,400 \text{ unit /tahun}$

$P = \text{Rp. } 128 \text{ Unit/hari} = 128 \times 250 = 32.000$
unit/tahun

$k = \text{Rp. } 24 \text{ per set up}$

$h = \text{Rp. } 3 \text{ per unit/tahun}$

• Jumlah ukuran ekonomis setiap siklus produksi

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 D k}{h \left(\frac{P}{D} - 1 \right)}} = \sqrt{\frac{2 (24)(6.400)}{3 \left(\frac{32.000}{6.400} - 1 \right)}} = 358 \text{ unit}$$

• Waktu optimal antara set up data ke set up berikut :

$$t_0 = \frac{Q_0}{D} = \frac{358}{6.400} = 0,056 \text{ unit}$$

$$= (0,056) (250) \approx 14 \text{ hari kerja}$$

• Waktu selama siklus produksi

$$t_p = \frac{Q_0}{P} = \frac{358}{32.000} = 0,011 \text{ tahun} = (0,011) (250) \approx 2,8 \text{ hari}$$

• Tingkat persediaan maksimum dimana tahap produksi berhenti

$$I_{\max} = (P - D) t_p = (32.000 - 6.400) (0,011) \approx 282 \text{ unit}$$

• TIC minimum persediaan dalam setahun

$$\text{TIC}_0 = \sqrt{2 h \left(\frac{P}{D} - 1 \right) D k} = \sqrt{2 (3) \left(\frac{32.000}{6.400} - 1 \right) (6.400)(24)}$$

$$= \text{Rp. } 858,65 \text{ per tahun}$$

CONTOH :

NORTON Electric Company adalah sebuah perusahaan yang memproduksi peralatan listrik. Peralatan tersebut diantaranya membutuhkan komponen A, yang juga diproduksi oleh pabrik tersebut dan kemudian dirakit pada lintasan perakitan. Kebutuhan komponen A untuk tahun depan diperkirakan 20.000 unit. Harga dari part A tersebut Rp. 50.000 per unit. Biaya untuk mempersiapkan produksi sebesar Rp. 200.000 setiap kali, biaya penyimpanan adalah Rp. 8.000 per unit per tahun. Pabrik beroperasi 250 hari setiap tahun. Bagian perakitan setiap hari menghasilkan 80 unit peralatan listrik dan bagian pembuatan komponen memproduksi 160 unit komponen tiap hari.

- Hitung EPQ untuk produksi komponen A
- Berapa kali produksi dalam setahun
- Bila komponen A dibeli dari luar dengan harga yang sama berapa ukuran ordernya
- Bila rata-rata lead time untuk membeli dari luar 10 hari dan ditetapkan safety stock 500 unit berapa reorder point.

JAWABAN :

Diketahui : $D = 20\,000$ unit /tahun

$c = \text{Rp. } 50\,000/\text{unit}$

$k = \text{Rp. } 200\,000 / \text{set up}$

$h = \text{Rp. } 8\,000 / \text{unit} / \text{tahun}$

$P_A = 160 \text{ unit /hari} = 160 \times 250 = 40\,000 \text{ unit / tahun}$

$$a. \quad Q_0 = \sqrt{\frac{2Dk}{h \left(\frac{P}{P-A} \right)}} = \sqrt{\frac{2(20\,000)(200\,000)}{8\,000 \left(\frac{20\,000}{40\,000} \right)}} \gg 1\,415 \text{ unit}$$

Keterangan : data kecepatan produksi 80 unit peralatan listrik per harinya tidak ada hubungan secara langsung dengan pertanyaan bagian a. hanya bisa disimpulkan bahwa

satu unit peralatan listrik membutuhkan dua komponen A.

$$b. f = \frac{D}{Q} = \frac{20\,000}{1415} \approx 14 \text{ kali}$$

- c. Ukuran ordernya bila komponen A dibeli dari luar dengan harga yang sama adalah :

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Dk}{h}} = \sqrt{\frac{2(20\,000)(200\,000)}{8000}} = 1000 \text{ unit}$$

- d. Bila L = 10 hari dan SS = 50 unit, maka

$$\begin{aligned} R &= SS + L \times D_L \\ &= 500 + \frac{10}{250} \times 200\,000 \\ &= 1\,300 \text{ unit} \end{aligned}$$

4.12 MODEL STATIS EPQ BANYAK ITEM

Jika beberapa komponen (produk) harus diproduksi melalui peralatan atau lintasan produksi yang sama, maka jumlah produksi yang ekonomis dan lamanya waktu siklus optimal tidak bisa diperhitungkan untuk setiap komponen seperti cara sebelumnya. Perhitungan EPQ secara komponen per komponen dalam kasus banyak item akan menyebabkan kelebihan persediaan dan perhitungan t_{optimal} komponen per komponen akan menyebabkan waktu menganggur yang lebih lama pada peralatan produksi.

Penentuan EPQ untuk kasus banyak item merupakan modifikasi dari persamaan sebelumnya, dimana EPQ ditentukan dengan mempertimbangkan seluruh komponen yang harus diproduksi. Dengan sedikit modifikasi persamaan waktu siklus optimal (t_0), maka kita dapat jumlah komponen secara keseluruhan yang ekonomis sebagai berikut :

$$f_n = \sqrt{\frac{2 \sum k_n}{D_n h_n \frac{1}{e} - \frac{D_n h_n}{P_n} \frac{1}{\phi}}}$$

Penentuan t_{optimal} untuk kasus banyak item adalah sama dengan kasus satu komponen (produk), yaitu menentukan lamanya waktu siklus atau jumlah siklus per periode (frekuensi) yang meminimasi biaya set up dan frekuensi siklus dalam satu periode, sedangkan biaya penyimpanan cenderung menurun karena persediaan rata-rata untuk seluruh komponen (produk) lebih kecil bila frekuensi siklus per periodenya semakin banyak. Frekuensi siklus optimal dalam satu periode untuk kasus banyak item dapat diperoleh dari memodifikasi persamaan $f = \frac{D}{Q_0}$, sehingga diperoleh hasil :

$$f = \sqrt{\frac{\sum D_n h_n + \frac{\sum D_n^2}{P_n}}{2 \sum k_n}}$$

CONTOH

Suatu perusahaan memproduksi 4 buah komponen yang diproduksi pada suatu lintasan produksi yang sama. Data-data yang dikumpulkan mengenai tingkat konsumsi, kecepatan produksi dan biaya-biaya relevan ditunjukkan sebagai berikut.

| Komponen ke -n | Konsumsi (unit/tahun) D_n | Kec. Produksi (unit/tahun) P_n | Biaya simpan (Rp/unit/tahun) h_n | Biaya set up (Rp) k |
|----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1 | 1.500 | 12.000 | 5,00 | 9,00 |
| 2 | 1.134 | 5.000 | 10,80 | 21,00 |
| 3 | 2.016 | 6.667 | 7,50 | 16,50 |
| 4 | 2.716 | 8.000 | 6,75 | 13,50 |
| Jumlah | | | | 60,00 |

Dengan mengabaikan biaya modal dalam perhitungan EPQ, hitunglah jumlah EPQ untuk setiap komponen.

JAWABAN :

Penyelesaian persoalan di atas adalah dengan membuat tabel berdasarkan data di atas sebagai berikut :

| n | $\frac{D_n}{P_n} - \frac{D_n}{P_n}$ | $D_n h_n - \frac{D_n}{P_n}$ |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,8750 | 6.562,50 |
| 2 | 0,7732 | 9.469,54 |
| 3 | 0,6976 | 10.547,71 |
| 4 | 0,6605 | 12.108,95 |
| Jumlah | | 38.688,70 |

Dengan menggunakan nilai pada tabel data dan tabel perhitungan seperti di atas pada persamaan 2.45 didapatkan $f = 0,5557$. Satu kali siklus produksi akan menghasilkan produksi masing-masing komponen sejumlah :

| Komponen | Unit per siklus |
|----------|-----------------|
| 1 | 84 |
| 2 | 63 |
| 3 | 112 |
| 4 | 151 |

Jika solusi dihasilkan dengan menghitung EPQ satu persatu, kita dapatkan hasil sebagaimana tabel dibawah ini :

| Komponen | EPQ | Lamanya komponen hasbis (hari) |
|----------|-------|--------------------------------|
| 1 | 78,6 | 12,6 |
| 2 | 75,5 | 15,9 |
| 3 | 112,8 | 13,4 |
| 4 | 128,3 | 11,3 |

Tampak jelas bahwa dengan menghitung EPQ satu per satu, periode habisnya keempat komponen tidka bersamaan sehingga dibutuhkan waktu kompromi atas lamanya waktu produksi.

BAB V

PERENCANAAN KEBUTUHAN MATERIAL (PKM)

Perkembangan teknologi komputer telah memberikan sumbangan yang besar artinya di dalam sistem pengendalian persediaan. Sumbangan ini dibuktikan dengan dimungkinkan lahirnya metoda baru yang disebut Perencanaan Kebutuhan Material (PKM) atau lebih dikenal dengan Material Requirement Planning (MRP). Metoda ini terdiri dari sekumpulan prosedur, aturan-aturan keputusan dan seperangkat mekanisme pencatatan yang berkaitan secara logis dan dirancang untuk menjabarkan suatu jadwal induk produksi (JIP) ke dalam kebutuhan setiap konsumen atau material yang dibutuhkan. Jadwal kebutuhan ini meliputi kapan dan berapa jumlah komponen atau material yang diperlukan atau dipesan.

Perencanaan kebutuhan material merupakan suatu sistem time phase order point, karena mampu mengintegrasikan antara waktu dan jumlah kebutuhan komponen atau material. Penambahan dimensi waktu ini mengharuskan adanya informasi tentang status persediaan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

- Apa yang dipunyai ?
- Apa yang dibutuhkan ?
- Apa yang harus dilakukan ?

Adanya dimensi waktu inilah yang membedakan dan sekaligus merupakan kelebihan PKM terhadap teknik pengendalian persediaan tradisional

Ada dua tipe sistem PKM yang dikenal sampai saat ini, yaitu **sistem regeneratif** dan **sistem net change**. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada frekuensi perencanaan ulang.

Sistem regeneratif melakukan perencanaan ulang secara periodik (biasanya mingguan) berdasarkan keadaan JIP yang terakhir. Semua kebutuhan di explode secara periodik dan lengkap dari JIP, mulai dari produk akhir yang akan dibuat sampai ke bahan baku yang akan dibeli. Sistem ini sesuai untuk keadaan dimana

frekuensi perencanaan ulang rendah di dalam sistem manufaktur yang membuat produk secara batch. Keuntungan sistem ini adalah penggunaan alat pemrosesan data lebih efisien jika digunakan pada keadaan yang cukup stabil. Sedangkan kerugiannya adalah sistem ini tidak terlalu peka terhadap ketidak seimbangan permintaan dan kemampuan untuk memenuhinya.

Sistem net change merupakan sistem yang relatif baru. Konsep dasarnya adalah proses explosion hanya dilakukan apabila terjadi perubahan pada JIP atau keadaan persediaan maupun status pemesanan untuk semua item. Keuntungan sistem ini akan selalu memberikan catatan-catatan pada kondisi yang baru. Kerugiannya, sistem ini lebih mahal karena pemrosesan data lebih sering dilakukan. Sistem ini baik dipakai untuk kondisi dimana keadaan sangat tidak menentu (berubah-ubah).

5.1. PRASYARAT DAN ASUMSI

Persyaratan PKM adalah :

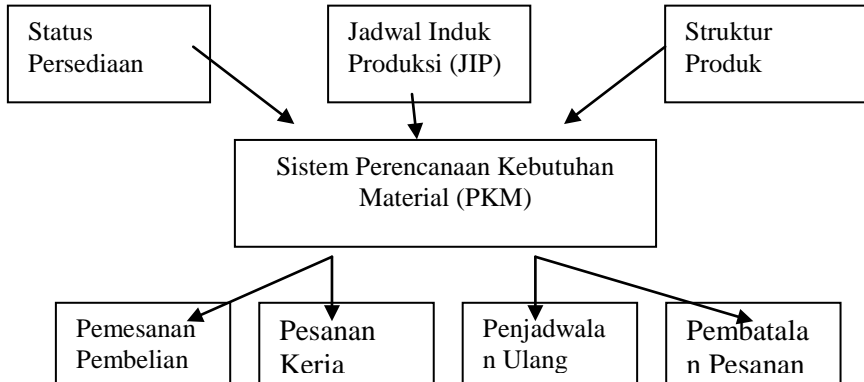
1. Tersedianya jadwal induk produksi, yaitu suatu rencana yang rinci yang menetapkan jumlah serta waktu suatu produk akhir harus tersedia.
2. Setiap komponen atau material harus mempunyai identifikasi yang khusus, hal ini disebabkan karena biasanya PKM menggunakan komputer. Tersedianya struktur produk,.
3. Tersedianya catatan tentang persediaan untuk semua item yang menyatakan status persediaan yang ada sekarang dan yang akan datang (direncanakan)

Sedangkan asumsi yang diperlukan dalam PKM adalah :

1. Adanya data file yang terintegrasi dengan melibatkan data status persediaan dan data tentang struktur produk.
2. Waktu ancap-ancap (lead time) untuk semua item diketahui, paling tidak dapat diperkirakan..
3. Setiap item persediaan selalu ada dalam pengendalian.
4. Pengadaan dan pemakaian komponen bersifat diskrit.

5.2. MASUKAN DAN KELUARAN PKM

Secara skematis masukan & keluaran PKM dapat dilihat pada gambar 5.1



Gambar 5.1. Masukan dan Keluaran PKM

5.2.1.MASUKAN PKM

Ada tiga masukan utama yang diperlukan dalam mekanisme bekerjanya PKM, yaitu :

- Jadwal Induk Produksi (JIP)
- Catatan Status Persediaan
- Struktur Produk

A. Jadwal Induk Produksi (JIP)

Jadwal Induk Produksi (JIP) adalah suatu rencana produksi jangka pendek yang menggambarkan hubungan antara kuantitas setiap jenis produk akhir yang diinginkan dengan waktu penyediaannya. Secara garis besar pembuatan suatu JIP biasanya dilakukan atas tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Identifikasi sumber permintaan dan jumlahnya, sehingga dapat diketahui besarnya permintaan produk akhir setiap periodanya.

- b. Menentukan besarnya kapasitas produksi yang diperlukan untuk memenuhi permintaan yang telah diidentifikasi..
- c. Menyusun rencana rinci dari setiap produk akhir yang akan dibuat. Tahap ini merupakan penjabaran (disagregasi) dari rencana agregrat sehingga akan dibuat dan periode waktu pembuatannya. Selain itu juga dijadwalkan sumber daya yang diperlukan.

Tabel 5.1. berikut ini merupakan contoh JIP untuk empat produk akhir (A, B, C. Dan D) yang dihasilkan dengan horison perencanaan sebesar delapan periode.

Tabel 5.1. Contoh Jadwal Induk Produksi

| Produk | Periode | | | | | | | |
|--------|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 50 | 40 | 75 | 90 | 75 | 50 | 60 | 50 |
| B | 45 | 70 | - | 35 | 60 | - | 30 | - |
| C | - | 60 | 45 | 50 | - | - | 70 | 80 |
| D | 80 | 60 | - | - | 90 | 65 | 50 | 65 |

B. STATUS PERSEDIAAN

Status persediaan menggambarkan keadaan dari setiap komponen atau material yang ada dalam persediaan, yang ada dalam persediaan, yang berkaitan dengan :

- Jumlah persediaan yang dimiliki pada setiap periode (on hand inventory)
- Jumlah barang yang sedang dipesan dan kapan pesanan tersebut akan datang (on order inventory).
- Waktu ancap-ancang (lead time) dari setiap bahan.

Status persediaan ini harus diketahui untuk setiap bahan atau item dan diperbarui setiap terjadi perubahan untuk menghindari adanya kekeliruan dalam perencanaan.

Pada dasarnya, ditinjau dari segi kuantitas status perediaan pada suatu saat dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I_t = I_{t-1} + Q_t - D_t$$

Dimana :

I_{t-1} : Jumlah persediaan barang yang tersedia pada akhir periode $t-1$

I_t : Jumlah persediaan barang yang dimiliki (on hand inventory) pada periode t .

Q_t : Jumlah barang yang sedang dipesan dan akan datang pada periode t

D_t : Jumlah kebutuhan barang selama periode t

Rumusan diatas akan menghasilkan I berharga positif atau negatif. Harga I positif menunjukkan bahwa persediaan barang yang ada masih cukup untuk memenuhi permintaan pada periode tersebut. Sebagai contoh, tabel 5.2. berikut menunjukkan status persediaan dari produk A yang ada pada tabel 5.1.

Tabel 5.2. Contoh status persediaan produk A

| Periode t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------------|----|-----|----|-----|-----|-----|------|------|
| Kebutuhan kotor D_t | 50 | 40 | 75 | 90 | 75 | 50 | 60 | 50 |
| Penerimaan dari pesanan Q_t | - | 100 | - | 100 | - | - | - | - |
| Persediaan 100 yg tersedia I_t | 50 | 110 | 35 | 45 | -30 | -80 | -140 | -140 |

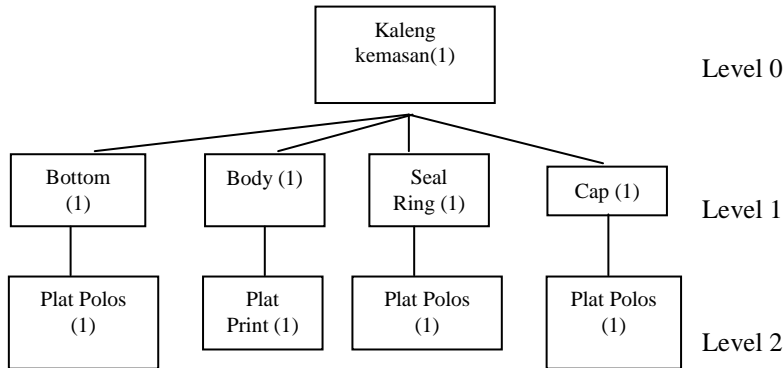
Tabel diatas menggambarkan adanya kebutuhan sebesar 50 pada periode 1, 40 pada periode 2, 75 pada periode 3 dan seterusnya. Sedangkan persediaan yang dimiliki pada saat awal perencanaan sebesar 100 dan akan datang pesanan-pesanan pada periode 2 dan 4 sebesar 100. Setelah dihitung, maka persediaan yang ada akan berharga negatif pada periode ke-5 sampai dengan periode ke-8, hal ini berarti diperlukan pemesanan sebesar 30, 50, 60 dan 50 untuk memenuhi kebutuhan pada periode ke-5 sampai dengan periode ke-8.

C. STRUKTUR PRODUK

Struktur produk adalah kaitan antara produk dengan komponen-komponen penyusunnya. Informasi yang dilengkapi untuk setiap komponen ini meliputi :

- Jenis komponen
- Jumlah yang dibutuhkan
- Tingkat penyusunnya

Sebagai contoh, gambar 5.2. menunjukkan suatu struktur produk dari kaleng kemasan



Gambar 5.2. Struktur Produk

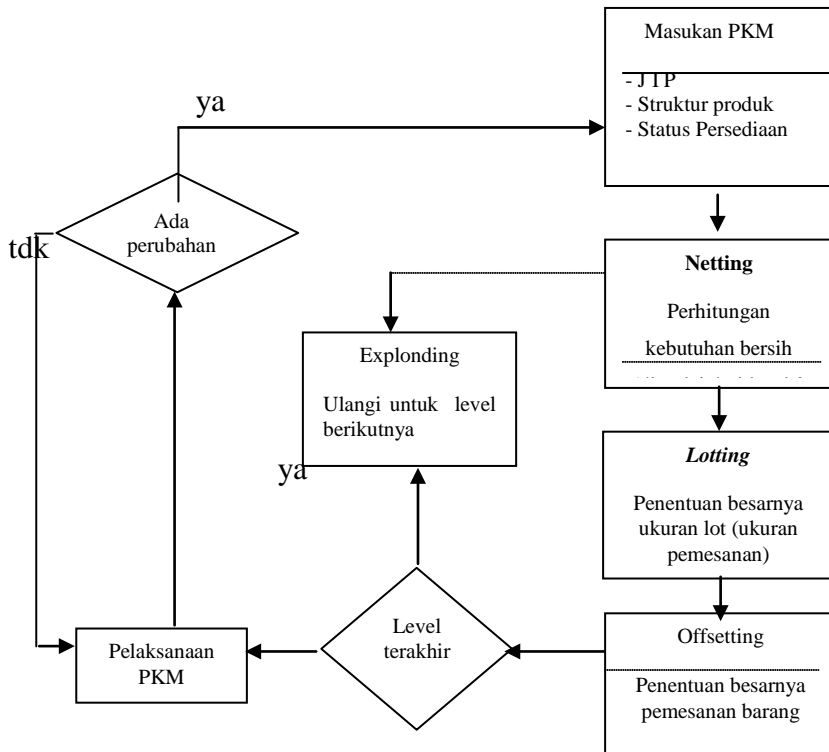
5.2.2 KELUARAN PKM

Keluaran PKM adalah :

1. Menentukan jumlah kebutuhan material serta waktu pemesanannya dalam rangka memenuhi permintaan produk akhir yang sudah direncanakan dalam JIP.
2. Menentukan jadwal pembuatan komponen yang menyusun produk akhir.
3. Menentukan pelaksanaan rencana pemesanan yang berarti PKM mampu memberikan indikasi kapan pembatalan atas pesanan harus dilakukan.
4. Menentukan penjadwalan ulang produksi atau pembatalan atas suatu jadwal produksi yang sudah direncanakan. Dengan demikian PKM mampu memberikan indikasi tindakan seimbang antara permintaan dan kemampuan yang dimiliki.

5.3 LANGKAH-LANGKAH DASAR PROSES PKM

PKM merupakan suatu proses yang dinamik, artinya bahwa rencana yang telah dibuat disesuaikan terhadap perubahan-perubahan yang terjadi. Kemampuan untuk melakukan penyesuaian ini tergantung pada kemampuan manajemen dan sistem informasi yang ada. Secara skematis langkah-langkah proses PKM tersebut dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut :



Gambar 5.3 Langkah-langkah proses PKM

Ada 4 langkah dasar penyusunan PKM, yaitu: Netting, Lotting, Offsetting dan Exploding.

5.3.1 Netting

Netting adalah proses perhitungan kebutuhan bersih untuk setiap periode selama horison perencanaan. Secara matematis, perhitungan kebutuhan bersih dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{I_t C}}$$

jika $D_t - I_{t-1} - Q_t > 0$

jika $D_t - I_{t-1} - Q_t \leq 0$

Dimana :

R_t : kebutuhan bersih pada suatu periode t

D_t : kebutuhan kotor pada suatu periode t

I_{t-1} : persediaan barang pada akhir periode t – 1

Q_t : rencana penerimaan barang pada periode t

Adapun perhitungan kebutuhan bersih untuk suatu komponen di suatu level akan didasarkan atas jadwal rencana pemesanan komponen atau produk yang menjadi induknya yang disesuaikan dengan faktor penggunaan (usage faktor) dari komponen tersebut untuk membentuk komponen induknya. Sebagai contoh berikut ini adalah proses netting dari produk A yang ada pada tabel 5.1. Sedangkan struktur produknya mengikuti struktur produk yang ada pada gambar 5.2 dengan produk A sebagai kaleng kemasan dan faktor penggunaan sama dengan 1. Hasil proses netting yang terlihat pada tabel 5.3 tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan bersih (R_t) yang harus dipenuhi pada periode 5 s/d 8 adalah sebesar 30, 50, 60, dan 50.

Tabel 5.3 Contoh proses netting untuk produk A

| Periode t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------------|------|-----|-----|----|-----|-----|------|------|
| Kebutuhan Kotor D_t | 50 | 40 | 75 | 90 | 75 | 50 | 60 | 50 |
| Penerimaan dari Pesanan Q_t | -100 | - | 100 | - | - | - | - | - |
| Persediaan Yg tersedia I_t | 100 | 110 | 35 | 45 | -30 | -80 | -140 | -140 |
| Kebutuhan Bersih (R_t) | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 50 | 60 | 50 |

5.3.2 Lotting

Lotting adalah proses penentuan besarnya ukurna kuantitas pesanan, yang dimaksudkan untuk memenuhi beberapa periode kebutuhan bersih (R_t) sekaligus. Besarnya ukurna kuantitas pesanan tersebut dapat ditentukan berdasarkan pada jumlah pemesanan yang tetap, atau keseimbangan antara ongkos pengadaan (set-up cpst) dengan ongkos simpan (carrying cost). Ketiga pendekatan ini melahirkan sembilan buah teknik yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan, tergantung dari kondisi yang dihadapi. Kesembilan teknik tersebut akan diuraikan secara terinci pada bab-bab berikutnya.

Tabel 5.4 Contoh proses lotting untuk produk A

| Perioda t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------------|---|---|---|----|---|-----|---|---|
| Kebutuhan Bersih (R_t) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kuantitas Pemesanan (Q_t) | | | | 80 | | 110 | | |

Tabel di atas menggambarkan bahwa kuantitas pemesanan sebesar 80 pada periode ke-5 dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan bersih (R_t) periode ke-5 dan 6, sedangkan kuantitas pemesanan sebesar 110 pada periode ke-8 digunakan untuk memenuhi kebutuhan bersih (R_t) periode 8 dan 9.

5.3.3 Offsetting

Offsetting adalah suatu proses penentuan saat atau periode dilakukannya pemesanan sehingga kebutuhan bersih (R_t) dapat dipenuhi. Dengan perkataan lain offsetting bertujuan untuk menentukan kapan kuantitas pesanan yang dihasilkan proses lotting harus dilakukan. Penentuan rencana saat pemesanan ini diperoleh dengan cara mengurangkan saat kebutuhan bersih (R_t) harus tersedia dengan waktu ancap-ancangannya (lead time). Sebagai contoh, tabel 5.5 berikut ini adalah proses offsetting untuk produk A dengan waktu ancap-ancang 1 periode.

Tabel 5.5 Contoh proses offsetting untuk periode A

| Periode t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------------|---|---|---|----|----|-----|-----|----|
| Kebutuhan Bersih (R_t) | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 50 | 60 | 50 |
| Kuantitas pemesanan (Q_t) | | | | | 80 | | 110 | |
| Rencana Pemesanan | | | | 80 | | 110 | | |

Tabel di atas menggambarkan bahwa kuantitas pemesanan sebesar 80 dan 110 pada periode ke-5 dan ke-7, harus sudah dipesan pada periode ke-4 dan 6 sebab waktu anjang-angang untuk produk A adalah 1 periode.

5.3.4 **Exploding**

Exploding adalah proses perhitungan dari ketiga langkah-langkah di atas yaitu netting, lotting dan offsetting, yang dilakukan untuk komponen atau item yang berada pada level dibawahnya. Sebagai contoh, tabel 5.6 berikut ini merupakan proses exploding untuk komponen bottom yang berada di level 1 pada struktur produk kaleng kemasan (gambar 5.2). Item induknya adalah kaleng kemasan yang berada di level 0. Kebutuhan kotor (D_t) bagi item kaleng kemasan ini diambil dari JIP untuk produk A yang ada di tabel 5.1. Waktu anjang-angang bottom ini adalah 1 periode.

Tabel 5.6 Proses exploding untuk komponen bottom

Kaleng kemasan level 0

Periode t

1 2 3 4 5 6 7 8

Kebutuhan

Kotor D_t

50 40 75 90 75 50 60 50

Penerimaan dari

Pesanan Q_t

- 100 - 100 - - - -

Persediaan

Y_g tersedia I_t

100 50 110 35 45 -30 -80 140

Kebutuhan

Bersih (R_t)

0 0 0 0 0 0 0 0

Kuantitas

Pemesanan (Q_t)

80 110

Rencana

Pemesanan

80 110

Bottom, level 1

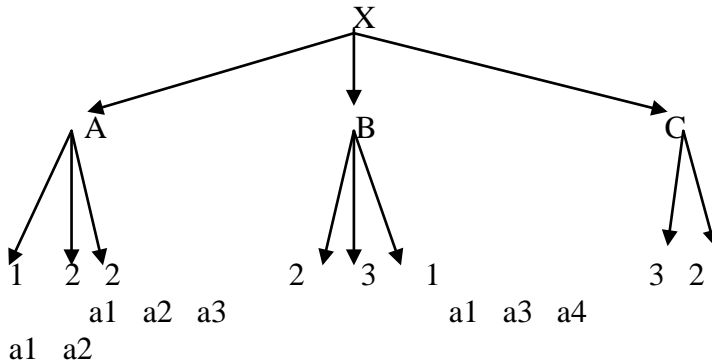
Periode t

1 2 3 4 5 6 7 8

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----|----|-----|-----|------|------|------|------|
| Kebutuhan Kotor D_t | 100 | 0 | 100 | 80 | 0 | 110 | 0 | 0 |
| Penerimaan dari Pesanan Q_t | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Persediaan yg tersedia I_t | 150 | 50 | 50 | -50 | -130 | -130 | -240 | -240 |
| kebutuhan bersih (R_t) | 0 | 0 | 50 | 80 | 0 | 110 | 0 | 0 |
| Kuantitas Pemesanan (Q_t) | 130 | | | | | 110 | | |
| Rencana Pemesanan | 130 | | | | | 110 | | |

PKM memerlukan struktur produk yang biasanya digambarkan dengan diagram pohon. Dalam melakukan proses exploding, diperlukan adanya perkalian dan penjumlahan yang berulang-ulang antara material induk dengan faktor penggunaan (usage factor) dari material pada level dibawahnya. Proses tersebut diulang kembali sampai pada material pada level terakhir. Proses perkalian yang berulang ini dapat dihilangkan dengan menggunakan pendekatan operasi matriks. Pendekatan

operasi matrik ini dilakukan dengan terlebih dahulu mengubah struktur produk dari bentuk diagram pohon menjadi bentuk matriks kebutuhan komponen. Contoh berikut akan memberikan perbandingan cara perhitungan biasa dan perhitungan matriks.



Gambar5. Struktur produk dalam bentuk diagram pohon

Jika dalam kasus ini untuk setiap unit produk X diperlukan :

| Komponen | A | B | C |
|----------------|---|---|---|
| Level 1 | | | |
| Untuk 1 unit X | 2 | 3 | 4 |

| Komponen | a1 | a2 | a3 | a4 |
|----------------|----|----|----|----|
| Level 2 | | | | |
| Untuk 2 unit A | 2 | 4 | 4 | 0 |
| 3 unit B | 6 | 0 | 9 | 3 |
| 5 unit C | 15 | 10 | 0 | 0 |
| Jumlah : | 23 | 14 | 13 | 3 |

Dengan cara matriks, terlebih dahulu struktur produk diubah menjadi matrik kebutuhan komponen.

| | | X | A | B | C | a1 | a2 | a3 | a4 |
|---------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Level 0 | X | 0 | 2 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Level 1 | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 |
| | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| Level 2 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Dalam matriks kebutuhan komponen tersebut, baris menunjukkan material pada suatu level tertentu sedangkan kolom menunjukkan material yang dibutuhkan oleh material pada suatu level tertentu yang terdapat pada baris. Oleh karena itu, material pada level yang sama akan membentuk sub matrik yang bernilai nol. Demikian pula nilai-nilai yang memiliki index baris lebih besar atau sama dengan index kolom akan bernilai nol. Setelah matriks kebutuhan komponen diperoleh maka perhitungan dapat dilakukan.

Matriks kebutuhan material untuk level 0 adalah :

$$Z_0 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Matriks kebutuhan material untuk level 1 adalah :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

$$Z_1 = (0 \ 2 \ 3 \ 5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

Matriks kebutuhan untuk level 2 adalah :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$Z_2 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 23 \ 14 \ 13 \ 3)$$

Kebutuhan total komponen diperoleh dengan menjumlahkan seluruh matrik kebutuhan material, maka diperoleh :

$$Z_T = (1 \ 2 \ 3 \ 5 \ 23 \ 14 \ 13 \ 3)$$

Secara matematis maka diperoleh formula umum sebagai berikut :

$$Z_1 = Z_{i-1}^* \cdot A_n$$

$$Z_T = Q = \sqrt{\frac{2AD}{I_i C}}$$

Dimana :

Z : adalah matriks kebutuhan material pada level ke –i

Z^* : adalah matriks kebutuhan material hasil perhitungan

i : yang telah dikurangi dengan persediaan yang ada

A : adalah matriks kebutuhan komponen yang berukuran $n \times n$

n^n : adalah banyaknya jenis komponen yang membentuk produk jadi

Z : adalah matriks kebutuhan total komponen yang merupakan

T : total penjumlahan dari matrik Z dari 0 sampai n

BAB VI

KESEIMBANGAN LINTASAN PRODUKSI

PENDAHULUAN

Keseimbangan lintasan berhubungan erat dengan produksi masal. Sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan ke dalam beberapa pusat-pusat kerja, yang untuk selanjutnya kita disebut sebagai stasiun kerja. Waktu yang diizinkan untuk menyelesaikan elemen pekerjaan itu ditentukan oleh kecepatan lintas perakitan. Semua stasiun kerja sedapat mungkin harus memiliki waktu siklus yang sama. Bila suatu stasiun kerja memiliki waktu dibawah waktu siklus idealnya, maka stasiun tersebut akan memiliki waktu menganggur. Tujuan akhir dari keseimbangan lintas adalah meminimasi waktu menganggur setiap stasiun kerja, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi pada setiap stasiun kerja.

Ada 2 metode menyeimbangkan lintasan produksi, yaitu dengan mengelompokkan operasi-operasi ke dalam stasiun kerja sehingga efisiensi antar stasiun kerja seimbang, dan menyeimbangkan beban stasiun kerja dengan mengatur jumlah tenaga kerja atau jumlah mesin. Dalam modul ini yang dibahas hanya model pertama, yaitu pengelompokan operasi-operasi ke dalam stasiun kerja.

6.1 PERMASALAHAN KESEIMBANGAN LINTASAN (LINE BALANCING, LB)

Permasalahan Keseimbangan Lintasan paling banyak terjadi pada proses perakitan dibandingkan pada proses pabrikasi. Pabrikasi dari sub komponen-komponen biasanya memerlukan mesin-mesin berat dengan siklus panjang. Ketika beberapa operasi dengan peralatan yang berbeda dibutuhkan secara proses seri, maka terjadilah kesulitan dalam menyeimbangkan panjangnya siklus-siklus

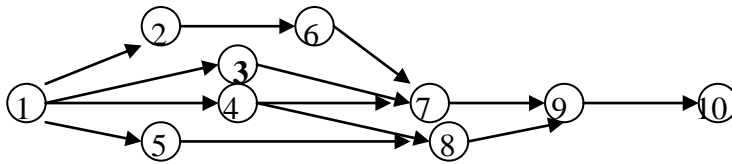
mesin, sehingga utilisasi kapasitas menjadi rendah. Pergerakan yang terus menerus kemungkinan besar dicapai dengan operasi-operasi perakitan yang dibentuk secara manual ketika beberapa operasi dapat dibagi-bagi menjadi tugas-tugas kecil dengan durasi yang pendek. Semakin besar fleksibilitas dalam mengkombinasikan beberapa tugas, maka semakin tinggi pula tingkat keseimbangan yang dapat dicapai. Hal ini akan membuat aliran yang mulus dengan utilisasi tenaga kerja dan perakitan yang tinggi.

Proses pabrikasi biasanya dioperasikan sebagai sistem aliran proses yang terputus (**intermitten – flow**), ataupun jenis **batch**. Bila volume produksi sangat besar dan spesifikasi-spesifikasi produk tetap, suatu susunan berupa aliran yang kontinyu menjadi kemungkinan dengan operasi-operasi otomatis yang dibutuhkan sehingga keseluruhan lintasan produksi berfungsi sebagai satu mesin raksasa.

6.2 DATA MASUKAN

Data masukan yang harus dimiliki dalam merencanakan keseimbangan lintas perakitan adalah :

- A. **Suatu jaringan kerja/Precedence diagram** (terdiri atas rangkaian simpul dan anak panah) yang menggambarkan urutan perakitan. Urutan perakitan ini dimulai dan berakhir dari suatu simpul. Suatu contoh jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 6.2 berikut ini. Tiap simpul menggambarkan operasi yang dilakukan, sementara anak panah menunjukkan kelanjutan operasi tersebut ke simpul lainnya.



Gambar 6.2

Contoh suatu jaringan kerja yang menggambarkan urutan perakitan

- B. Data Waktu Baku pekerjaan Tiap Operasi (ti)**, yang diturunkan dari perhitungan waktu baku pekerjaan operasi perakitan.
- C. Waktu Siklus yang Diinginkan (tc)**. Waktu siklus adalah dengan pembagian waktu efektif dengan target produksi (kecepatan produksi), atau waktu operasi terpanjang jika pembagian waktu efektif dengan target produksi lebih kecil dari waktu operasi terpanjang.

Misal : Ramalan permintaan suatu produk ialah 1500 unit pertahun (1 tahun 250 hari kerja dengan waktu kerja 8 jam per hari), maka $t_c = (250 \times 8) \text{ jam} / 1500 \text{ unit} = 80 \text{ menit}$. Hasil ini merupakan waktu siklus yang diinginkan. Tetapi waktu operasi terpanjang 100 menit, waktu siklus ditetapkan sebesar 100 menit (yaitu waktu operasi terbesar).

6.3 BATASAN PENGELOMPOKAN OPERASI KE DALAM STASIUN KERJA

Ada beberapa yang tidak boleh dilanggar dalam mengelompokkan operasi-operasi ke dalam stasiun kerja, yaitu :

- a. Presedence Diagram, karena isinya merupakan urutan proses operasi.

- b. Waktu siklus
- c. Kendala-kendala teknis, misalnya: bau, suhu, bunyi, bentuk bahan dan lain-lain yang tidak memungkinkan operasi-operasi digabungkan

6.4 METODE PENYEIMBANGAN LINTASAN

Beberapa metode penyeimbangan lintasan masih berupa metode heuristic. Beberapa metode tersebut adalah :

- a. Metode Bobot Posisi (Rank Positimal Weight=RPW)
- b. Metode Least Candidates Rule (LCR)
- c. Metode Region Approach (RA)

6.4.1 Metode Bobot Posisi (Rank Positimal Weight)

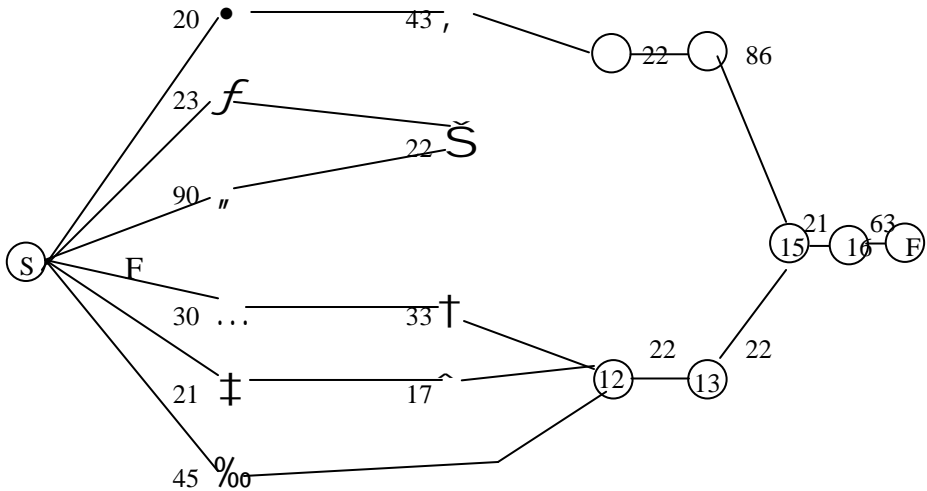
Metode Bobot Posisi merupakan metode heuristic yang paling awal dikembangkan. Metode ini dikembangkan oleh **W. B. Helgeson** dan **D. P. Birnie**. Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan metode bobot posisi ini adalah sebagai berikut :

1. Hitung Waktu Siklus dan jumlah stasiun kerja minimal. Buat matrik pendahuluan berdasarkan jaringan kerja perkaitan.
2. Hitung bobot posisi tiap operasi, besarnya yaitu jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya.
3. Urutkan operasi-operasi mulai dari bobot posisi terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil.
4. Lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai operasi dengan bobot posisi terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil, dengan memperhatikan kendala-kendala yang ada.
5. Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk.
6. Gunakan prosedur *trial and error* untuk mencari pembebanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 diatas.

7. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi.

CONTOH :

Diketahui suatu jaringan kerja perakitan dan waktu baku operasinya sebagaimana dijelaskan dalam gambar 6.3 berikut.



Gambar 6.3 Jaringan Kerja Suatu Perakitan

Diketahui pula bahwa total kebutuhan selama satu tahun mencapai 1500 unit produk, jumlah hari kerja selama satu tahun adalah 270 hari kerja (8 jam kerja per hari). Bagaimanakah pembebanan yang paling efisien operasi-operasi tersebut ke dalam stasiun kerja ?

**TABEL 6.1 WAKTU OPERASI LINTASAN PERAKITAN
(DALAM MENIT)**

| Operasi Ke | Waktu (Menit) |
|--------------|---------------|
| 1 | 20 |
| 2 | 43 |
| 3 | 23 |
| 4 | 90 |
| 5 | 30 |
| 6 | 33 |
| 7 | 21 |
| 8 | 17 |
| 9 | 45 |
| 10 | 22 |
| 11 | 22 |
| 12 | 22 |
| 13 | 22 |
| 14 | 86 |
| 15 | 21 |
| 16 | 63 |
| TOTAL | 600 |

JAWABAN :

1. Menghitung waktu siklus yang diinginkan. Jika diinginkan dalam satu tahun dihasilkan 1500 unit produk, maka waktu siklus yang diinginkan adalah :

$$\frac{270 \text{ hari kerja} \times 8 \text{ jam} \times 60 \text{ menit}}{1.500 \text{ produk}} = 86,4 \text{ menit}$$

Tetapi karena waktu operasi yang terbesar ialah 90 menit, maka waktu siklus aktual tidak mungkin ditetapkan sama dengan 86,4 menit. Untuk itu, kita akan menggunakan 90 menit sebagai waktu siklus aktual.

2. Membuat matrik pendahulu seperti terlihat pada tabel 6.2 berikut. Angka 1 mewakili operasi yang harus mengikuti

operasi sebelumnya, dan angka nol mewakili operasi yang tidak memiliki hubungan keterdahuluan. Jika operasi pendahulu diletakkan pada baris, sementara operasi pengikut diletakkan pada kolom, maka setengah matrik di bagian bawah diagonal akan terdiri dari angka nol. Sebagai contoh, operasi 10 harus mengikuti operasi 3 dan 4 (operasi 10 baru dapat dilakukan setelah operasi 3 dan 4 selesai). Atau bisa dinyatakan sebaliknya, operasi 3 dan 4 harus mendahului operasi 10.

3. Menghitung bobot posisi. Bobot posisi didefinisikan sebagai total waktu operasi itu sendiri dan seluruh operasi pengikutnya, sebagai contoh, operasi 1 bobot posisinya ialah total waktu operasi dan operasi pengikutnya (operasi 2, 11, 14, 15, dan 16) yaitu sebesar : $20 + 43 + 22 + 86 + 21 + 63 = 255$. Untuk operasi 5, bobot posisinya ialah total waktu operasi 5 dan operasi pengikutnya (operasi 6, 12, 13, 14, 15, dan 16) sebesar: $30 + 33 + 22 + 22 + 86 + 21 + 63 = 277$. Hasil perhitungan bobot posisi untuk tiap operasi disajikan pada tabel 6.3
4. Mengurutkan operasi dari bobot posisi besar ke kecil (tabel 6.4).

**TABEL 6.2 MATRIK PENDAHULUAN BERDASARKAN
GAMBAR 6.2**

| Operasi Pendahulu | Operasi Pengikut | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | - | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - |

**TABEL 6.3 HASIL PERHITUNGAN BOBOT POSISI
UNTUK SETIAP OPERASI**

| Operasi | Bobot Operasi | Operasi Pendahulu |
|---------|---------------|-------------------|
| 1 | 255 | - |
| 2 | 235 | 1 |
| 3 | 237 | - |
| 4 | 304 | - |
| 5 | 277 | - |
| 6 | 247 | 5 |
| 7 | 186 | - |
| 8 | 165 | 7 |
| 9 | 173 | - |
| 10 | 214 | 3, 4 |
| 11 | 192 | 2, 10 |
| 12 | 128 | 6, 8, 9 |
| 13 | 106 | 12 |
| 14 | 170 | 12 |
| 15 | 84 | 13, 14 |
| 16 | 63 | 15 |

**TABEL 6.4 HASIL PENGURUTAN OPERASI MULAI DARI
BOBOT OPERASI TERBESAR**

| Operasi | Bobot Operasi | Operasi Pendahulu |
|---------|---------------|-------------------|
| 1 | 304 | - |
| 2 | 277 | - |
| 3 | 255 | - |
| 4 | 247 | 5 |
| 5 | 237 | - |
| 6 | 235 | 1 |
| 7 | 214 | 3, 4 |
| 8 | 192 | 2, 10 |
| 9 | 186 | - |
| 10 | 173 | - |
| 11 | 170 | 12 |
| 12 | 165 | 7 |
| 13 | 128 | 6, 8, 9 |
| 14 | 106 | 12 |
| 15 | 84 | 13, 14 |
| 16 | 63 | 15 |

Jumlah stasiun kerja yang akan terbentuk dapat diperkirakan dengan cara membagi total waktu pekerjaan dengan waktu siklusnya, sehingga didapatkan :

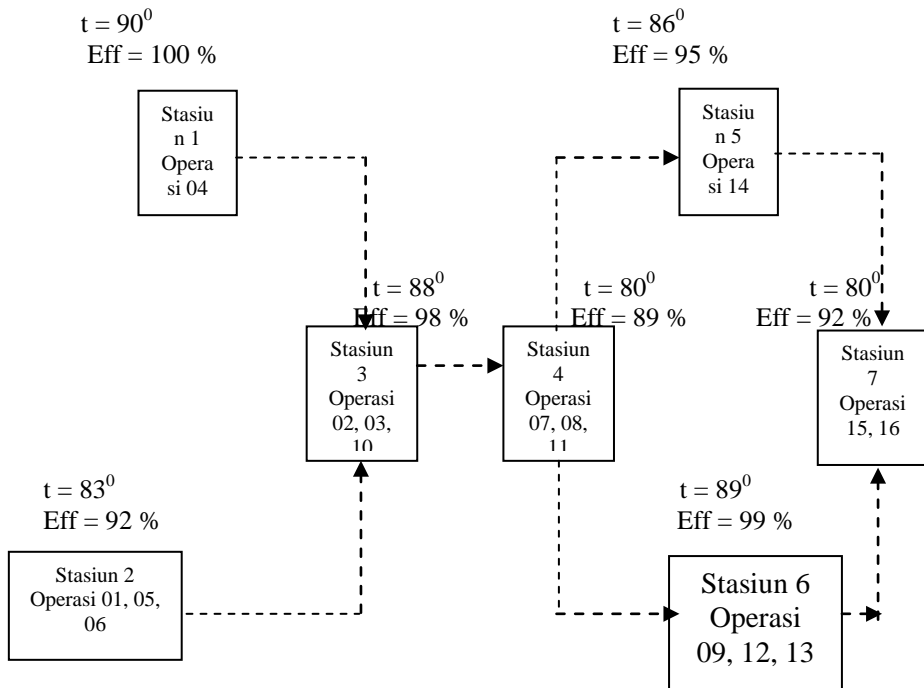
$$\text{Perkiraan Jumlah Stasiun} = \frac{\text{Total waktu pekerjaan}}{\text{waktu siklus yang di inginkan}} = \frac{600}{86} = 6,9 \text{ stasiun}$$

atau kurang lebih akan terbentuk 7 stasiun kerja (dibulatkan ke atas). Operasi pertama yang dibebankan pada stasiun pertama adalah operasi 4 karena operasi 4 memiliki bobot posisi terbesar. Pembebanan pekerjaan di stasiun kerja pertama ini tidak dilanjutkan karena waktu siklus stasiun 4 telah mencapai 90 menit (sama dengan waktu siklus), sehingga pembebanan pekerjaan lain akan mengakibatkan stasiun kerja memiliki waktu lebih dari 90 menit. Prosedur di atas dilanjutkan sebagaimana Tabel 6.5 sehingga di dapatkan pembebanan pekerjaan di tujuh stasiun kerja. Aliran dan pembagian pekerjaan dapat dilihat pada gambar 6.4 berikut ini. Proses terakhir ialah cara **trial and error** untuk meningkatkan efisiensi stasiun kerja dengan cara mempertukarkan penugasan di tiap stasiun kerja. Jika tidak ditemukan penugasan lainnya yang akan menghasilkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi, maka prosedur dihentikan. Hasil perbaikan berdasarkan **trial dan error** ini dapat dilihat pada tabel 6.6 dan gambar 6.4. Dihasilkan efisiensi rata-rata stasiun kerja sebesar 95,3 %, dan tidak ada lagi pembebanan operasi perakitan kepada ketujuh stasiun kerja yang akan menghasilkan tingkat efisiensi rata-rata yang lebih besar dari itu.

Kelemahan metode bobot posisi ialah tidak dipertimbangkan efisiensi aliran (**flow efficiency**) sehingga mungkin saja akan dihasilkan penugasan yang paling tinggi tingkat efisiensinya, tetapi dengan banyak aliran bolak-balik sehingga meningkatkan biaya transportasi atau biaya perpindahan bahan.

TABEL 6.5 PEMBEBANAN PEKERJAAN PERAKITAN PADA STASIUN KERJA SEBELUM TRAIL DAN ERROR

| Stasiun kerja | Pembebanan Operasi | Waktu operasi stasiun kerja | Efisiensi stasiun kerja |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 4 | 90 | $90/90 = 100\%$ |
| 2 | 5, 1, 6 | $30 + 20 + 33 = 83$ | $83 / 90 = 92\%$ |
| 3 | 3, 2, 10 | $23 + 43 + 22 = 88$ | $88 / 90 = 98\%$ |
| 4 | 11, 7, 8 | $22 + 21 + 37 = 80$ | $80 / 90 = 89\%$ |
| 5 | 14 | 86 | $86 / 90 = 96\%$ |
| 6 | 9, 12, 13 | $45 + 22 + 22 = 89$ | $89 / 90 = 99\%$ |
| 7 | 15, 16 | $21 + 63 = 84$ | $84 / 90 = 93\%$ |
| Efisiensi Rata-rata Lintas Keseluruhan | | | 95,2 % |



$$\text{Efisiensi keseluruhan (} E_f \text{)} = \frac{100 + 92 + 98 + 89 + 96 + 99 + 93}{7} \% = 95,2\%$$

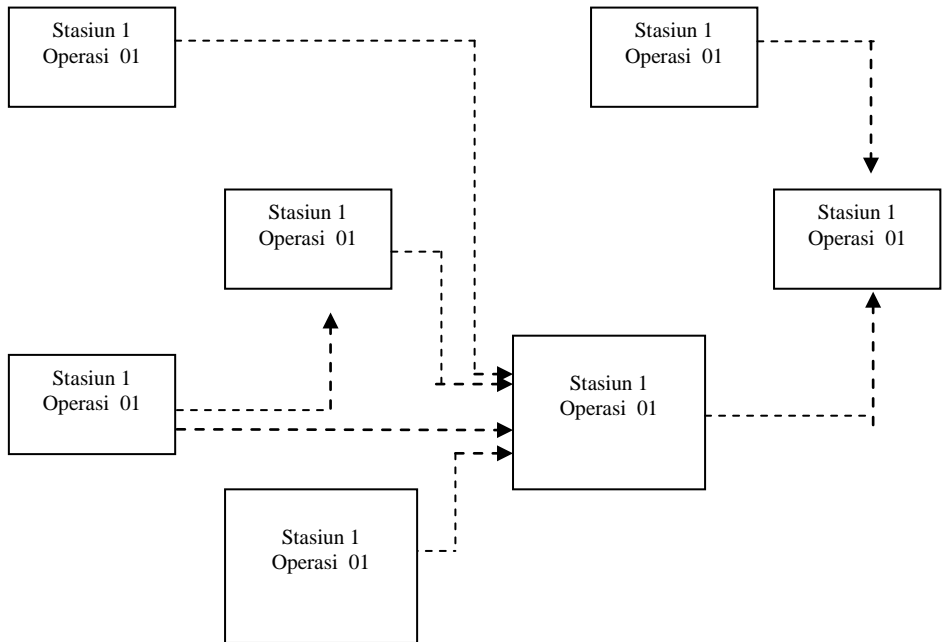
Atau :

$$E_f = \frac{\sum t_i}{N.t_c} \times 100\%$$

Gambar 6.4 PEMBEBANAN PEKERJAAN PERAKITAN PADA STASIUN KERJA SEBELUM DISEIMBANGKAN

TABEL 6.6 PEMBEBANAN PEKERJAAN PERAKITAN PADA STASIUN KERJA YANG DIPERBAIKI

| Stasiun Kerja | Pembebanan Operasi | Waktu Operasi Stasiun Kerja | Efisiensi Stasiun Kerja |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 4 | 90 | 90/90 = 100 % |
| 2 | 5,6,7 | 84 | 84/90 = 93 % |
| 3 | 1,2,3 | 86 | 86/90 = 96 % |
| 4 | 10,11,12,13 | 88 | 88/90 = 98% |
| 5 | 14 | 86 | 86/90 = 98% |
| 6 | 8,9 | 82 | 82/90 = 91% |
| 7 | 15,16 | 21 + 63 = 84 | 84/90 = 93% |
| Efisiensi Rata-rata Lintas Keseluruhan | | | 95,3 % |



Gambar 6.5 PEMBEBANAN PEKERJAAN PERAKITAN PADA STASIUN KERJA YANG DIPERBAIKI

$$\text{Efisiensi Keseluruhan} = \frac{100 + 93 + 96 + 96 + 91 + 93}{7} \% = 95,3\%$$

6.4.2 METODE LCR

Kelemahan metode bobot posisi diatasi dengan menggunakan METODE PEMBEBANAN BERURUT (LEAST CANDIDATE RULES = LCR). Langkah penugasan pekerjaan pada stasiun kerja dengan menggunakan metode ini berbeda pada urutan prioritas pembebanan pekerjaan.

Langkah-langkah metode LCR adalah sebagai berikut :

1. Hitung waktu siklus dan jumlah stasiun kerja minimal.
2. Buat matrik operasi pendahulu (P) dan operasi pengikut (F) untuk setiap operasi berdasarkan jaringan kerja perakitan.
3. Perhatikan baris di matriks pendahulu P yang semua nilainya 0, bebaskan operasi yang ti terbesar ke dalam stasiun kerja.
4. Perhatikan nomor elemen di baris matriks pengikut F yang bersesuaian dengan elemen yang telah ditugaskan diganti nilainya dengan nol.
5. Lanjutkan penugasan elemen-elemen pekerjaan itu pada tiap stasiun kerja dengan memperhatikan semua kendala yang ada. Proses ini dikerjakan hingga semua baris pada matriks P bernilai 0 semua.
6. Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk.
7. Gunakan prosedur trail and error untuk mencari pembebanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 di atas.
8. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi.

**TABEL 6.7 DATA WAKTU OPERASI, MATRIKS PENDAHULUAN, DAN
MATRIKS OPERASI PENGIKUT UNTUK TIAP OPERASI
DALAM JARINGAN KERJA**

| Operasi | Waktu Operasi | Matriks Operasi Pendahulu P | | | Matrik Operasi Pengikut F | |
|---------|---------------|-----------------------------|----|---|---------------------------|----|
| 1 | 20 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 2 | 43 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| 3 | 23 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 4 | 90 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 5 | 30 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| 6 | 33 | 5 | 0 | 0 | 12 | 14 |
| 7 | 21 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| 8 | 37 | 7 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| 9 | 45 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| 10 | 22 | 3 | 4 | 0 | 11 | 0 |
| 11 | 22 | 2 | 10 | 0 | 14 | 0 |
| 12 | 22 | 6 | 8 | 9 | 13 | 0 |
| 13 | 22 | 12 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| 14 | 86 | 6 | 11 | 0 | 15 | 0 |
| 15 | 21 | 13 | 14 | 0 | 16 | 0 |
| 16 | 63 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Pada stasiun kerja pertama, pembebanan operasi pertama kali dilakukan untuk operasi yang memiliki seluruh elemen matrik operasi pendahulu nol dan waktu operasi terbesar, yaitu operasi 4. Angka 4 pada matrik operasi pendahulu baris 10 (sepuluh) selanjutnya dicoret, yang menandakan operasi 4 telah dibebankan di stasiun kerja pertama.

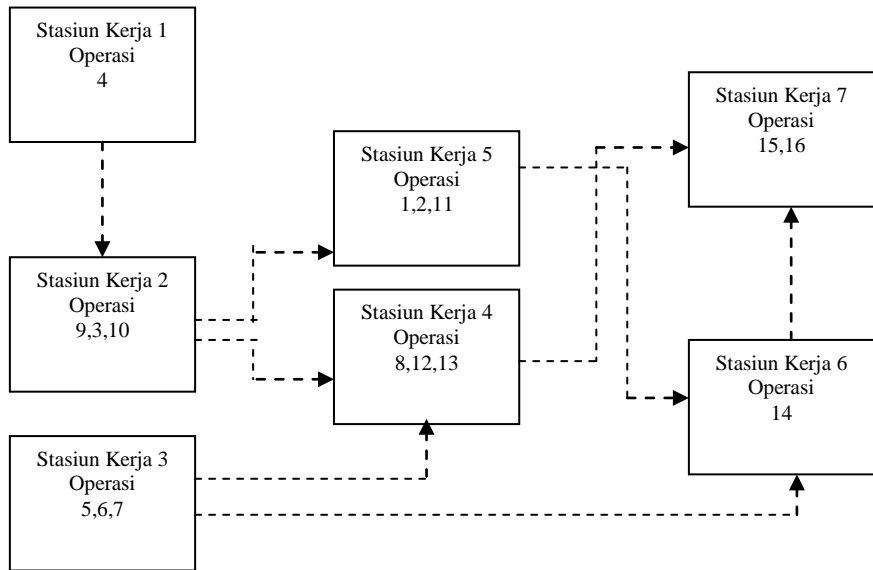
Operasi selanjutnya yang memiliki seluruh elemen matriks pendahulu nol dan waktu operasi terbesar ialah operasi 9. Operasi yang dibebankan pada stasiun kerja kedua pertama kali ialah operasi 9. Coret angka 9 dimatriks operasi pendahulu baris 12. Selanjutnya terdapat beberapa operasi yang memiliki matriks operasi pendahulu dengan seluruh elemen sama dengan nol. Yaitu operasi 1,3,5 dan 7. Demikian prosedur ini terus diulangi sampai seluruh baris dalam matrik operasi pendahulu seluruhnya bernilai nol.

TABEL 6.8 PROSEDUR METODE PEMBEBANAN BERURUT

| Operasi | Waktu Operasi | Matrik Operasi Pendahulu P* | | | | | | Matrik Operasi Pengikut F* | |
|---------|---------------|-----------------------------|---|----|---|---|---|----------------------------|----|
| 1 | 20 | 0 | | 0 | | 0 | | 2 | 0 |
| 2 | 43 | 1 | 0 | 0 | | 0 | | 11 | 0 |
| 3 | 23 | 0 | | 0 | | 0 | | 10 | 0 |
| 4 | 90 | 0 | | 0 | | 0 | | 10 | 0 |
| 5 | 30 | 0 | | 0 | | 0 | | 6 | 0 |
| 6 | 33 | 5 | 0 | 0 | | 0 | | 12 | 14 |
| 7 | 21 | 0 | | 0 | | 0 | | 8 | 0 |
| 8 | 37 | 7 | 0 | 0 | | 0 | | 12 | 0 |
| 9 | 45 | 0 | | 0 | | 0 | | 12 | 0 |
| 10 | 22 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | | 11 | 0 |
| 11 | 22 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | | 14 | 0 |
| 12 | 22 | 6 | 0 | 8 | 0 | 9 | 0 | 13 | 0 |
| 13 | 22 | 12 | 0 | 0 | | 0 | | 15 | 0 |
| 14 | 86 | 6 | 0 | 11 | 0 | 0 | | 15 | 0 |
| 15 | 21 | 13 | 0 | 14 | 0 | 0 | | 16 | 0 |
| 16 | 63 | 15 | | 0 | | 0 | | 0 | 0 |

TABEL 6.9 PEMBEBANAN PEKERJAAN PERAKITAN PADA STASIUN KERJA

| Stasiun Kerja | Pembebanan Operasi | Waktu Operasi Stasiun Kerja | Efisiensi Stasiun Kerja |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 4 | 90 | 90/90 = 100 % |
| 2 | 9,3,10 | 45+23+22 = 83 | 90/90 = 100 % |
| 3 | 5,6,7 | 30+33+21 = 84 | 84/90 = 93 % |
| 4 | 8,12,13 | 37+22+22 = 81 | 81/90 = 90 % |
| 5 | 1,2,11 | 20+43+22 = 85 | 85/90 = 94 % |
| 6 | 14 | 86 | 89/90 = 95 % |
| 7 | 15,16 | 21 + 63 = 84 | 84/90 = 93 % |
| Efisiensi Rata-rata Lintas Keseluruhan | | | 95 % |



GAMBAR 6.6 PEMBEBANAN PEKERJAAN PERAKITAN PADA STASIUN KERJA

6.4.3 METODE REGION APPROACH

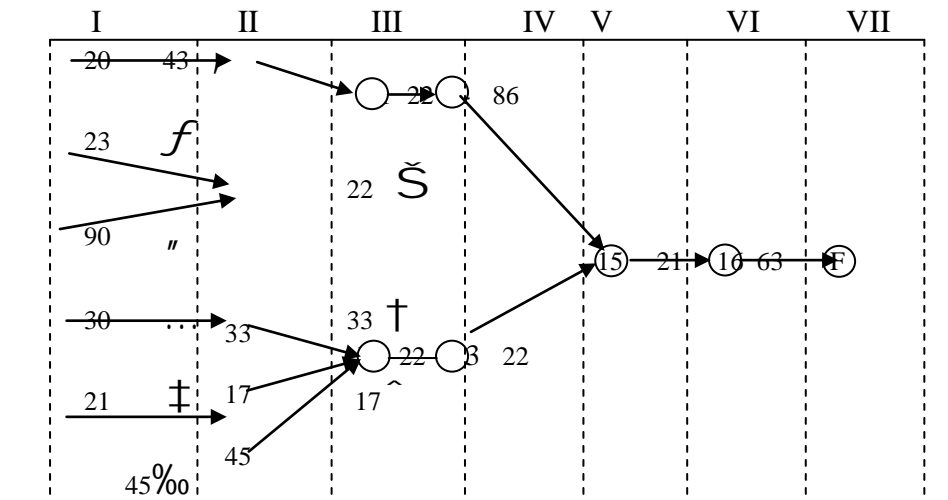
Metode ini dikembangkan oleh **Bedworth** untuk mengatasi kekurangan metode bobot posisi. Bedworth menyebutkan bahwa kegagalan metode bobot posisi ialah mendahulukan operasi dengan waktu operasi terbesar daripada operasi dengan waktu operasi yang tidak terlalu besar, tetapi diikuti oleh banyak operasi lainnya.

Langkah-langkah metode pendekatan wilayah (region approach) adalah :

1. Hitung waktu siklus dan jumlah stasiun kerja minimal.
2. Bagi jaringan kerja ke dalam wilayah-wilayah dari kiri ke kanan. Gambar ulang jaringan kerja, tempatkan seluruh pekerjaan di daerah paling ujung sedapat-dapatnya.
3. Dalam setiap wilayah, urutkan pekerjaan mulai dari waktu operasi terbesar sampai dengan waktu operasi terkecil.

4. Bebankan pekerjaan dengan urutan sebagai berikut (perhatikan pula untuk menyesuaikan diri terhadap batas wilayah) :
 - Daerah paling kiri terlebih dahulu
 - Antar wilayah, bebankan pekerjaan dengan waktu operasi terbesar pertama kali.
5. Pada akhir pembebanan stasiun kerja, tentukan apakah utilisasi waktu tersebut telah dapat diterima. Jika tidak, periksa seluruh pekerjaan yang memenuhi hubungan keterkaitan dengan operasi yang telah dibebankan. Putuskan apakah pertukaran pekerjaan-pekerjaan tersebut akan meningkatkan utilisasi waktu stasiun kerja. Jika ya, lakukan perubahan tersebut. Penugasan pekerjaan selanjutnya menjadi lebih tetap.

Untuk menjelaskan prosedur di atas, kita kembali pada contoh soal terdahulu dengan mengaplikasikan metode wilayah . Gambar 6.7 ialah jaringan kerja yang telah di gambar ulang, dengan menambahkan daerah-daerah keterdahuluan yang semakin meningkat dari kiri ke kanan. Tabel 6.10 ialah prioritas pembebanan operasi di stasiun kerja, yang disusun berdasarkan urutan waktu operasi dari besar ke kecil di suatu wilayah.



Keterangan : Operasi 9 dipindahkan ke daerah II sesuai dengan aturan tiap operasi diletakkan sedapat mungkin di daerah paling kanan.

**GAMBAR 6.7 PEMBAGIAN JARINGAN KERJA PADA
CONTOH SOAL
DALAM WILAYAH - WILAYAH**

TABEL 6.10 PRIORITAS PEMBEBANAN DI TIAP WILAYAH

| Wilayah | Prioritas Operasi |
|---------|-------------------|
| I | 4,5,3,7,1 |
| II | 9,2,8,6,10 |
| III | 11,12 |
| IV | 14,13 |
| V | 15 |
| VI | 16 |

Proses pembebanan pekerjaan pada stasiun kerja dapat dilihat pada tabel 6.11 berikut. Urutan pembebanan mengikuti prioritas sebagaimana tabel 6.10 di atas. Pada akhir setiap pembebanan pada sebuah stasiun kerja, selalu dilihat kemungkinan penukaran operasi yang telah dibebankan dengan salah satu operasi pengikut akan menghasilkan waktu stasiun kerja yang lebih tinggi.

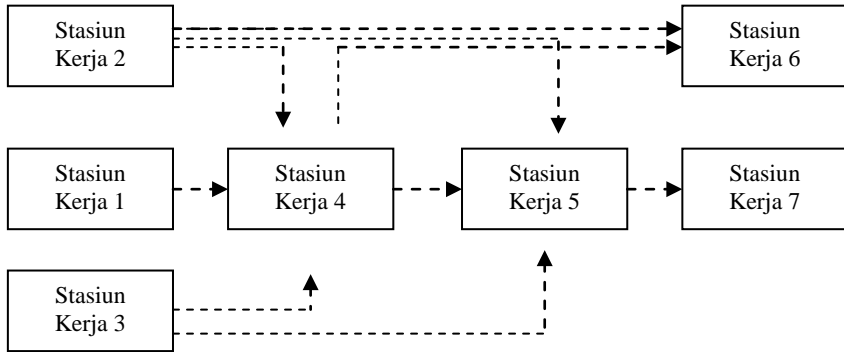
**TABEL 6.11 PEMBEBANAN OPERASI PADA STASIUN
KERJA**

| Stasiun Kerja | Pembebanan Operasi | Waktu Operasi Stasiun Kerja | Efisiensi Stasiun Kerja |
|--|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 4 | 90 | 90/90 = 100 % |
| 2 | 5,3, (7@ 6), 6 | 30+23+33 = 86 ... (1) | 86/90 = 96 % |
| 3 | 7,1,9 | 21+20+45 = 86 | 86/90 = 96 % |
| 4 | 2, (8@ 10), 10, 11 | 43+22+22 = 87 ... (2) | 87/90 = 97 % |
| 5 | 8, 12, 13 | 37+22+22 = 81 | 81/90 = 90 % |
| 6 | 14 | 86 | 86/90 = 95 % |
| 7 | 15,16 | 21 + 63 = 84 | 84/90 = 93 % |
| Efisiensi Rata-rata Lintas Keseluruhan | | | 95,4 % |

Keterangan :

2 Operasi 7 dipertukarkan dengan 6 menghasilkan peningkatan waktu stasiun dari 74 menit menjadi 80 menit.

3 Operasi 8 diperlukan dengan 10 dan 11 menghasilkan peningkatan waktu stasiun dari 80 menit menjadi 87 menit.



GAMBAR 6.8 HASIL PEMBEBANAN OPERASI PADA STASIUN KERJA

6.5 PENGARUH WAKTU TERHADAP PENYUSUNAN STASIUN KERJA

Ketiga metode menghasilkan tingkat efisiensi yang tidak terpaut banyak. Satu faktor yang sangat berpengaruh pada penyusunan stasiun kerja adalah waktu siklus. Waktu siklus ditentukan berdasarkan tingkat kapasitas, permintaan, serta waktu operasi terpanjang. Jelas sekali bahwa perubahan waktu siklus akan mempengaruhi susunan operasi yang dibebankan pada stasiun kerja.

Jika tidak dibatasi oleh waktu operasi terpanjang, maka waktu siklus akan menentukan jumlah stasiun kerja. Misalnya jika waktu siklus yang diinginkan adalah 80 menit sementara waktu operasi tertinggi ialah 10 menit, maka waktu siklus dapat

ditetapkan antara 10 sampai 80 menit. Semakin rendah waktu siklus, maka kecepatan lintas perakitan akan semakin tinggi sehingga jumlah produk per satuan waktu semakin besar dan jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan akan menjadi semakin banyak. Sebaliknya, waktu siklus yang makin besar berarti kecepatan lintas perakitan akan semakin rendah dan jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan menjadi semakin sedikit.

Dalam menetapkan waktu siklus yang ideal, beberapa ahli menyarankan agar didasarkan pada permintaan. Penetapan waktu siklus yang lebih rendah dari waktu siklus berdasarkan permintaan akan berakibat pada **idle capacity**, suatu hal yang berakibat kurang baik bagi produktivitas pabrik secara keseluruhan.

Biegel juga mengingatkan bahwa seringkali diperlukan stasiun kerja paralel untuk satu atau beberapa operasi. Sebagai contoh, jika operasi 14 pada contoh soal 1 membutuhkan waktu sebesar 258 menit, sementara diperlukan waktu siklus sebesar 90 menit. Kondisi di atas dapat dicapai dengan menggunakan tiga stasiun kerja paralel untuk operasi 14.

6.6 PENGARUH PENYEIMBANGAN LINTASAN PADA PERENCANAAN PRODUKSI

Perencanaan produksi dilakukan berdasarkan asumsi tingkat efisiensi 100%. Jelas sekali bahwa penyusunan stasiun kerja yang akan menghasilkan tingkat efisiensi rata-rata sebesar 100 % akan sukar dicapai. Dalam hal ini, penyeimbangan lintas menghasilkan tingkat efisiensi lintasan produksi yang akan mempengaruhi perencanaan produksi.

Bila dari contoh di atas dihasilkan tingkat efisiensi sebesar 95 %, maka jelas sekali bahwa salah satu dari dua parameter perencanaan produksi harus disesuaikan, dimana jumlah permintaan disesuaikan dengan cara membaginya dengan 95 % (meningkatkan permintaan), sedangkan kapasitas disesuaikan dengan cara mengalikannya dengan 95% (menurunkan kapasitas). Tentunya hal ini akan berpengaruh pada total ongkos produksi

yang harus ditanggung oleh perusahaan. Oleh karena itu, penyeimbangan lintasan berfungsi sebagai koreksi atau umpan balik terhadap kegiatan perencanaan produksi dan penentuan jumlah tenaga kerja.

BAB VII

PENJADWALAN MESIN

PENDAHULUAN

Penjadwalan mesin berguna untuk mengatur urutan kegiatan dengan tujuan untuk mencapai efisiensi penggunaan fasilitas, waktu serta menekan ongkos. Masalah penjadwalan pada umumnya terjadi pada produksi job order, dan muncul karena adanya keterbatasan waktu, tenaga kerja, jumlah mesin dan sifat serta syarat pekerjaan.

Klasifikasi penjadwalan bila dilihat berdasarkan jumlah mesin, dibedakan mesin tunggal, mesin 2 dan mesin banyak, bila dilihat dari type aliran produksinya bisa dibedakan flowshop dan jobshop. Tetapi dalam buku ajar ini hanya dibahas type penjadwalan yang sederhana, yaitu n job 1 mesin dengan aliran flowshop, pendalamannya akan dilakukan pada Mata Kuliah Sistem Produksi.

7.1 JENIS-JENIS PEJJADWALAM MESIN

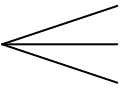
Permasalahan penjadwalan dapat dilihat dari :


- a. Mesin :
 - Mesin tunggal
 - 2 mesin
 - m mesin
- b. Aliran Proses : Job Shop → umumnya untuk GENERAL PURPOSE MACHINE
 - Mesin bubut
 - Flow shop → umumnya untuk SPECIAL PURPOSE MACHINE
 - Mesin Drill
- c. Pola kedatangan :
 - Statis
 - Dinamis
- d. Elemen penjadwalan :
 - Deterministik
 - Stokastik

CONTOH :

Ada sekumpulan (n) Job yang harus dilakukan 92 la 1 mesin :

(n job \rightarrow 1 mesin)

- mesin las  las pintu
las pagar
las jendela } untuk ini bisa antrian

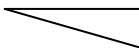
- mesin Foto Copy  1 buku
2 lembar
10 buku } bila

\rightarrow FCFS konsumen ke-2 akan lari

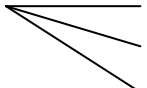
Jadi dalam hal ini masalah potensial (potensial problem) terletak pada ;

- Level of service : bagaimana kita melayani konsumen dan konsumen mencapai kepuasan.
- Utility mesin : bagaimana mengatur pekerjaan mesin, mesin dapat digunakan seefisien mungkin.

I.ii. n jobs \rightarrow 2 mesin

Mesin bisa dipasang  SERI
PARAREL

I. iii. n jobs \rightarrow m mesin

Mesin bisa dipasang :  SERI
PARAREL
CAMPURAN

CAMPURAN ini menyebabkan perbedaan aliran proses (2)

i Flow Shop

Mengalir dengan cara yang sama → SEARAH . urutannya pasti dari yang kecil ke yang besar

ii Job Shop : a. Pure job shop

b. General job shop

iii a. Pure job shop

alirannya bisa dari ke tinggi ataupun sebaliknya. Bisa mengalir kemana saja tetapi setiap mesin hanya dialiri 1 x saja

b. General job shop

Pola aliran tidak jelas. Disini ada proses balik, satu mesin dapat dilalui oleh benda kerja tersebut lebih dari 1 kali.

Contoh : Assembling Component “Radio”

Penjadwalan mesin tersulit ada pada General job shop karena 1 mesin dapat dialiri oleh benda kerja lebih dari 1 x (n job n mesin).

Job dalam satu mesin bisa bermacam-macam sesuai dengan produk yang diminta.

Jadi satu pekerjaan bisa mempunyai waktu yang berbeda.

n job → 1 mesin

ada 2 jenis :

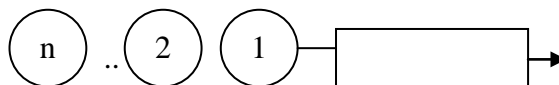
a. job yang bersifat independent

antara pekerjaan yang satu dengan yang lain tidak ada keterkaitan.

b. Job yang bersifat Dependent

Antara pekerjaan yang satu dengan yang lain ada keterkaitan (ada ketergantungan).

Contoh : a. :

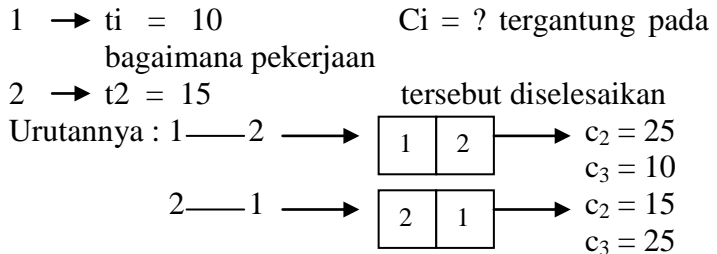


job 1 dan job 2 independent

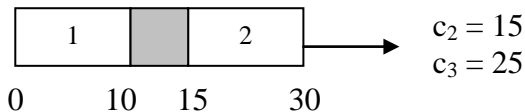
7.2 PARAMETER-PARAMETER INPUT

- a Processing Time : Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu operasi termasuk persiapan dan pengaturan proses.
- b.Due date : Batas waktu yang diperbolehkan untuk menyelesaikan sistem pekerjaan, ditentukan berdasarkan kesepatan produsen dan konsumen
- c Completion Time : rentang waktu mulai dari awal ($t=0$) sampai pekerjaan selesai dikerjakan.

Contoh ; Jobs Processing Time



Jadi C_i sangat tergantung dari jadwal (schedule) yang dianut. Bila terjadi kerusakan pada salah satu mesin maka C_i akan berubah



F.Flow Time : rentang dari saat siap sampai selesai (tidak memasukkan faktor-faktor delay, keterlambatan, kerusakan dan lain sebagainya)

\rightarrow Jadi dianggap pada kon ideal.

Contoh diatas : $F_1 = 10$; $F_2 = 25$

- d. Lateness : perbedaan antara Completion time dengan due date.

(Li) (+) atau (-) \rightarrow $C_i - d_i$

Contoh : $C_i = 10$ $d_i = 15$
 $C_2 = 25$ $d_2 = 30$

Jadi $L_i = 10 - 15 = -5 \rightarrow$ - waktu penyelesaian lebih awal dari yang dijanjikan (lebih cepat selesai).

$$L_2 = 25 - 30 = -5$$

$C_i = 15$ $d_i = 15$
 $C_2 = 25$ $d_2 = 30$

Jadi $L_2 = 25 - 15 = +10 \leftarrow$ tanda + waktu penyelesaian lebih dari yang dijanjikan (jadi lambat sekali).

e. Tardeness : perbedaan positif antara completion time dengan due date, sehingga memiliki pengertian terlambat.

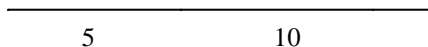
$$O \rightarrow (C_i - d_i) < 0 \text{ \& } (C_i - d_i) \rightarrow (C_i - d_i) \rightarrow (C_i - d_i)$$

Dute masalah job shop yang dipertimbangkan.

1. Due Date
2. Harga \rightarrow dibuat persaingan sehingga terjadi tawar menawar menyelesaikan pekerjaan ($d_i - t_i$).

Contoh : $t_i = 10$; $d_i = 15$ $S_i = 15 - 10 = 5$

Dapat dimulai dimana saja, dengan akhir di

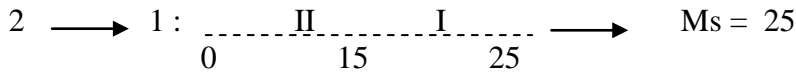
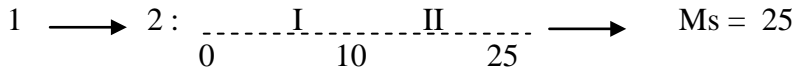


mulai pada 5 Mack boleh atau diakhir asalkan waktu dapat dipenuhi

7.3 PARAMETER-PARAMETER OUTPUT

Makespan $(M_s) = \sum_{i=1}^n t_i$

Sama sekali tidak pernah tergantung dari bagaimana penjadwalan itu dilakukan.



$$\text{Mean Flow Time : } \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Fi$$

$$\text{Mean Loteness : } \bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Li$$

$$\text{Mean Tardiness : } \bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ti$$

$$\text{Number of tardy jobs } NT = \sum di, \quad \begin{array}{l} di = 1 \rightarrow Ti > 0 \\ di = 0 \rightarrow Ti \leq 0 \end{array}$$

Tidak ada satu ukuran yang bisa digunakan untuk keseluruhan kondisi. Yang paling penting dalam penjadwalan adalah bagaimana kita memilih kriteria tertentu untuk kondisi tertentu.

Mass production :


- Tidak ada urusan dengan pelayanan
- Harga ditentukan oleh pasar.

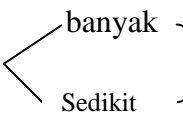
CONTOH :

Jika semua pekerjaan akan menggunakan mesin foto copy. Setiap orang membawa pekerjaan yang sama (untuk menfoto copy = 10 lembar).

Jadi alokasi jobs pada sistem mesin penjadwalan FCFS.

Jumlah orang = 10 Jumlah lembar = 10


 FCFS hak sama adil (tidak ada profesi apapun terhadap pekerjaannya)

Jumlah orang 10
 Jumlah lembar berbeda  } tergantung

pada pekerjaan → mendahulukan
 yang sedikit

Jadi dalam penjadwalan tidak dapat ditetapkan lebih dulu sebelum melihat bagaimana polanya.

Bagaimana menentukan kriteria ukurnya tertentu pada pekerjaan ?

- ada kemungkinan terjadi perubahan kriteria pada sistem
- Apakah semua pekerjaan dapat diterima

7.4 METODE-METODE PENJADWALAN N JON MESIN TUNGGAL :

Ada beberapa Metode penjadwalan n Job mesin tunggal, yaitu :

- a. SPT ® min. \bar{F} , min \bar{L}
- b. EDD ® min L max
- c. Algoritma Hudgson ® min NT
- d. Algoritma Wilkerson ® Irmin ® min \bar{T}

Kriteria pemilihan metode penjadwalan didasarkan pada tujuan yang ingin dicapai.

7.4.1 METODE SHORTTEST PROCESSING TIME (SPT)

Step 1 urutkan pekerjaan mulai ti terkecil

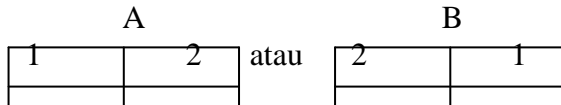
Step 2 jadwalkan sesuai urutan

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| Pekerjaan : | A | B | C | D | E | i | B | D | C | A | E |
| ti | : 11 | 3 | 7 | 5 | 13 | ti | 3 | 5 | 7 | 11 | |
| | 13 | | | | | | | | | | |
| di | : 15 | 10 | 15 | 20 | 25 | di | 10 | 20 | 15 | 15 | 25 |
| | | | | | | Ci | 3 | 8 | 15 | 26 | |
| | 39 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Li | -7 | -12 | 0 | 11 | |
| | 14 | | | | | | | | | | |

$$\overline{F} = \frac{3+8+15+26+39}{5} = \frac{91}{5} = 18,2$$

Minimasi \bar{F}

Maka



$$\overline{F_B} = 1/2 (F2 + F1)$$

$$\overline{F_B} = 1/2 (t_2 + t_2 + t_1).$$

Maka : $\overline{F_A} < \overline{F_B}$ bila $t_1 < t_2$ (Shortest Processing Time)

$$\text{Ti} = \begin{matrix} & 3 & 5 & 7 & 11 & 13 \end{matrix}$$

di = 10 20 15 15 25 ← - - - - diurutkan

Li = -7 +12 0 11 14

Minimisasi \bar{L}

$$\bar{L} = \frac{1}{n} - \text{\AA } Li$$

sa/siap dikerjakan dari awal, maka $C_i =$

$$Li = Fi - di$$

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum (F_i - d_i)$$

$$= \frac{1}{n} \sum F_i - \frac{1}{n} \sum d_i.$$

$L = F - d \longrightarrow \bar{d} = \text{tetap bagaimanapun urutan pekerjaan sehingga SPT meminimasi } \bar{F} \text{ juga meminimasi } \bar{L}.$

Aturan SPT ini dapat berubah jika ada preferensi tertentu terhadap pekerjaan tersebut.

Misal : Karena tingkat keuntungan berbeda maka perlakuan akan berbeda

Pekerjaan : A B C D E Jadi pekerjaan diurut
menurut bobot
Keuntungan : 7 5 10 8 ~ } keuntungan

Maka penjadwalannya akan berubah, diurutkan berdasarkan tersebar ke Bobot terkecil sehingga :

Pekerjaan : E C D A B
Keuntungan : ~ 10 8 7 5

Mengurutkannya berdasarkan : $\frac{t_i}{W_i} = = =$ diurutkan dari kecil

ke besar.

Bobot - Keuntungan
persatuan waktu

SPT berubah
menjadi tidak murni.

7.4.2 ATURAN EARLIEST, DUA DATE (E D D).

Step 1 : Urutkan job mulai dari di terkecil ke di terbesar.

Step 2 : Jadwalkan sesuai urutan.

| | | | | | |
|-----|------|----|----|----|----|
| di | : 10 | 15 | 15 | 20 | 25 |
| Job | B | C | A | D | E |
| ti | 3 | 7 | 5 | 11 | 13 |
| Ci | ; 3 | 10 | 21 | 26 | 39 |
| Li | : -7 | -5 | 6 | 6 | 14 |

Max. L = 14

$Li = Ci - di \rightarrow$ pekerjaannya; Independent $Ci = Fi$
 $= Fi - di \rightarrow$ maka agar Li dapat minimal, peningkatan Fi harus
diimbangi dengan peningkatan di = ADD

Akibatnya bisa terjadi :

Dari 5 pekerjaan, 3 terlambat \Rightarrow waktu penyelesaiannya jadi
berubah hanya mungkin mengurangi waktu terlambat sehingga dapat
meminimasi jumlah job yang terlambat menggunakan

ALGORITMA HODGSON.

Ada kriteria lagi, terlambat boleh, tapi kalau bisa
terlambatnya kecil \Rightarrow dibuat dari keterlambatan rata-rata.

7.4.3 ALGORITMA HODGSON.

Kriteria : Minimasi jumlah job yang terlambat \Rightarrow asumsi, waktu
terlambat dan denda tidak mempengaruhi.

0 000



10 job \Rightarrow usahakan meminimasi jumlah job yang terlambat.

Contoh : 1 ada 8 buah job.

Job i 1 2 3 4 5 6 7 8 1. Jadwalkan pekerjaan ini
 menurut aturan

Ti 5 8 6 3 10 14 7 3 EDD

Di 15 10 15 25 20 40 45 50 di terkecil \rightarrow di
 terbesar.

Step 1 : Jadwalkan menurut aturan EDD. Jika tidak terjadi
 TARDINESS STOP.

Step 2 : Identifikasi job yang pertama kali TARDY, jika tidak ada
 lagi langsung ke- 4, jika ada ke- 3.

Step 3 : Misalkan job yang pertama kali terlambat pada posisi ke- k.
 Tentukan diantara job ke depan ti terbesar dan keluarkan

dari urutan. Hitung kembali penyelesaiannya tiap pekerjaan kembali ke- 2.

Step 4 : Masukkan job-job yang dikeluarkan secara berurutan di akhir jadwal.

| | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| i | 2 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | } STEP 2 : Identifikasi pertama kali |
| ti | 8 | 5 | 6 | 10 | 3 | 14 | 7 | 3 | |
| pekerjaan yang | | | | | | | | | |
| di | 10 | 15 | 15 | 20 | 25 | 40 | 45 | 50 | |
| terlambat | | | | | | | | | |
| Ci | 8 | 13 | 19 | 29 | 32 | 46 | 53 | 56 | } |
| Li | -2 | -2 | +4 | +9 | +7 | +6 | +8 | +6 | |

- job yang pertama kali terlambat.

STEP 3 ; Mengeluarkan ti terbesar dari urutan. Ti terbesar diantara i (2, 1, 3) adalah 2 maka job 2 dikeluarkan dari urutan.

| | | | | | | | | |
|----|-----|----|----|----|----|----|----|---|
| i | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | } hanya satu pekerjaan yang TARDY. Untuk Ti £ == => STOP. |
| ti | 5 | 6 | 10 | 3 | 14 | 7 | 3 | |
| | | | | | | | | |
| di | 15 | 15 | 20 | 25 | 40 | 45 | 50 | |
| Ci | 5 | 11 | 21 | 24 | 38 | 46 | 48 | |
| Li | -10 | -4 | +1 | -1 | -2 | 0 | -2 | |

- karena hanya tinggal pekerjaan ini yang terlambat maka tidak ada pilihan lain kita harus mengambil jadwal ini tanpa harus diulangi lagi karena sudah pasti pekerjaan 2 dan pekerjaan 5 yang terlambat.

| | | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|------------------------|
| ti | 5 | 6 | 3 | 14 | 7 | 3 | 8 | 10 |
| di | 15 | 15 | 25 | 40 | 45 | 50 | 10 | 20 |
| Ci | 3 | 11 | 14 | 28 | 35 | 38 | 46 | 50 |
| Li | -10 | -4 | +11 | -12 | -10 | -12 | 36 | 36 - - - - Max. Tardy. |

i 1 3 5 4 6 7 8 2 - - - URUTAN JOB
TELAH

| | | | | | | | | | |
|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|--------------------|
| ti | 5 | 6 | 10 | 3 | 14 | 7 | 3 | 8 | TERJADWAL. |
| di | 15 | 15 | 20 | 25 | 40 | 45 | 50 | 10 | |
| Ci | 5 | 11 | 21 | 24 | 38 | 45 | 48 | 56 | |
| Ti | -10 | -4 | +1 | -1 | -2 | 0 | -2 | +46 | Dilanjutkan ke *** |

ARTINYA : Job 5 akan terlambat satu satuan dan job 2 akan terlambat 46 satuan waktu.

Langkah praktisnya :

1. Informasikan pada Ikliem mengenai keterlambatan ini, jika kliem tetap mengignkannya maka terima pekerjaan tersebut jika tidak batalkan.
2. Ambil Sub kontrak shingga bisa tidak terjadi keterlambatan.

7.4.4 ALGORITMA WILKERSON dan IRWIN.

Jika waktu terlambat diperhitungkan begitu juga dengan dendanya maka disini muncul, kkriteria meminimasi waktu rata-rata keterlambatan.

CONTOH :

| | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Job i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ti | 5 | 8 | 6 | 3 | 10 | 14 | 7 | 3 |
| di | 15 | 10 | 15 | 25 | 20 | 40 | 45 | 50 |

Langkah-langkahnya adalah :

STEP 1 : Urutkan job dengan aturan EDD, bandingkanlah 2 job pertama masing-masing beri simbol A&B dan bandingkan kedua job dengan formula :

Jika max. (ta, tb) £ max. (da, db) maka masukkan job A ke kolom μ dan job B ke kolomb. Jika tidak sebaliknya. Dan job berikutnya dalam urutan EDD ke kolom θ . Dalam contoh dengan EDD diperoleh urutan 2-1-3-5-4-6-7. Maka :

Max. (t2, t1) £ max. (d2, d1)

Max. (8, 5) £ max. (10, 15)

Max. 8 £ max. 15 ® jawabannya ya, maka : job 2 ® ke kolom μ dan job 1 ® ke kolom b dan job berikutnya dalam urutan EDD kolom g artinya job berikutnya 3 masuk kolom g

STEP 2 : Uji job di kolom b dan g dengan formula :

Jika $t_b \leq t_g$ atau

$F_{\mu} + \text{Max} (t_b, t_g) \leq \text{max.} (d_b, d_g)$, Bila salah satu jawabannya ya, maka pindahkan job di kolom b ke kolom μ dan job di kolom g ke kolom b. Dan job berikutnya dalam urutan EDD ke kolom g. Jika kedua formula tidak maka job di kolom μ dan kolom g (tempatnya dipindah dulu ke kolom b) diuji dengan formula di step 3.

STEP 3 : Bandingkan job yang ada dalam kolom μ dengan job di kolom g dengan formula :

Jika $t_{\mu} \leq t_b$ atau

$F_{\mu} + \text{Max} (t_{\mu}, t_b) \leq \text{max.} (d_{\mu}, d_b)$, jika salah satu jawabannya ya, maka pindahkan di kolom b ke kolom μ di beris berikutnya. Bila keduanya tidak maka teruskan ke step 4.

STEP 4 : Letakkan kembali job yang ada pada kolom μ ke dalam urutan EDD dan gantikan dengan job terakhir di urutan EDD di kolom β sebelumnya dengan step 2. Ulangi step-step tersebut sampai semua pekerjaan habis dijadwalkan.

Urutan pekerjaan adalah job-job di kolom μ dari atas ke bawah.

Pengerjaan dengan step-step tersebut akan mudah dilakukan dengan tabel berikut :

| Step | α | β | γ | Step 2 | | Step 3 | |
|------|----------|---------|----------|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | | | | $t\beta \leq t\gamma$ | $F\alpha + \max(t\beta, t\gamma) \leq \max(d\beta, td\gamma)$ | $t\alpha \leq t\beta$ | $F\alpha - t\alpha + \max(t\alpha, t\beta)$ |
| 2 | 2 | 1 | 3 | Ya | - | - | - |
| 2 | 1 | 3 | 5 | Tdk | Ya | - | - |
| 2 | 3 | 5 | 4 | Tdk | Tdk | - | - |
| 2 | 3 | 4 | - | - | - | Tdk | Ya |
| 2 | 4 | 5 | 6 | Ya | - | - | - |
| 2 | 5 | 6 | 7 | Tdk | Tdk | - | - |
| 2 | 5 | 7 | - | - | - | Tdk | Ya |
| 2 | 7 | 6 | 8 | Tdk | Tdk | - | - |
| 2 | 7 | 8 | - | - | - | tdk | ya |

Maka jadwalnya menjadi **2 – 1 – 3 – 4 – 5 – 7 – 8 – 6.**

KUMPULAN SOAL – SOAL LATIHAN

SOAL PERAMALAN

Data masa lalu permintaan produk AC3 PK bervariasi acak selama 12 bulan sebagai berikut :

| Bulan | Data permintaan untuk NPM ganjil | |
|-------|----------------------------------|---------------|
| | Mhs NPM ganjil | Mhs NPM genap |
| 1 | 199 | 124 |
| 2 | 202 | 122 |
| 3 | 199 | 108 |
| 4 | 208 | 244 |
| 5 | 212 | 226 |
| 6 | 194 | 254 |
| 7 | 214 | 244 |
| 8 | 220 | 139 |
| 9 | 219 | 131 |
| 10 | 234 | 134 |
| 11 | 219 | 150 |
| 12 | 233 | 135 |

Ramalkan permintaan 6 bulan ke depan dengan metode peramalan yang paling tepat (erornya kecil) dan verified !

SOAL PERENCANAAN PRODUKSI

Perusahaan ABC telah meramalkan permintaan produknya secara agregat sebagai berikut :

| Bulan | Permintaan |
|-------|------------|
| 1 | 220 |
| 2 | 170 |
| 3 | 400 |
| 4 | 600 |
| 5 | 380 |
| 6 | 200 |
| 7 | 130 |
| 8 | 300 |

Diketahui bahwa untuk meningkatkan kecepatan produksi Rp. 1000 per unit produksi dan untuk menurunkan kecepatan produksi Rp. 1500 per unit produksi. Jika perusahaan tersebut mengadakan persediaan maka ongkos simpan per bulan Rp. 50 per unitnya.

Alternatif lain yang dimiliki perusahaan untuk memenuhi permintaan adalah dengan sub kontrak dengan ongkos Rp. 800 per unitnya. Di awal perencanaan terdapat persediaan awal sebesar 200 unit. Bagaimana sebaiknya perencanaan produksi dibuat ? Ongkos back order ! Rp. 100 per unit/ per bulan.

SOAL PERSEDIAAN KONVENSIONAL

Diketahui kebutuhan suatu jenis bahan baku sebesar 3.000 unit perbulannya , yang dibeli dengan harga keseluruhan sebesar Rp. 30.000.000 . biaya sekali pesan sebesar Rp. 3.000.000,- dan biaya simpan sebesar 12 % pertahun dari harga produknya. Dari permasalahan tersebut hitung :

- a. EOQ
- b. Interval pesan
- c. Total Biaya persediaan

SOAL PERSEDIAAN MRP

Diketahui kebutuhan bahan dalam 8 bulan :

| Bulan ke | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Demand (Unit) | 25 | 30 | 50 | 60 | 55 | 70 | 80 | 100 |

Biaya sekali pesan Rp. 10.000,- dan biaya simpan per unit perbulan Rp.100. tentukan jumlah pesan dengan metode EOQ , POQ dan LFL !

Metode apa yang menimbulkan biaya persediaan minimum !

SOAL KESEIMBANGAN LINTASAN

1. Diketahui waktu operasi (menit) , matriks operasi pendahulu dan matriks operasi pengikut dalam jaringan kerja sbb :

| Operasi | Waktu operasi | Matriks operasi pendahulu | | | Matriks operasi pengikut | |
|---------|---------------|---------------------------|----|---|--------------------------|----|
| 1 | 20 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 2 | 43 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 |
| 3 | 23 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 4 | 75 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| 5 | 30 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| 6 | 33 | 5 | 0 | 0 | 11 | 14 |
| 7 | 21 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| 8 | 37 | 7 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| 9 | 45 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| 10 | 22 | 3 | 4 | 0 | 11 | 0 |
| 11 | 25 | 2 | 10 | 0 | 13 | 0 |
| 12 | 22 | 6 | 8 | 9 | 13 | 0 |
| 13 | 22 | 11 | 12 | 0 | 14 | 0 |

| | | | | | | |
|----|----|----|---|---|----|---|
| 14 | 6 | 13 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| 15 | 21 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Diketahui target produksi dalam 1 tahun 2000 unit , diasumsikan jam kerja efektif dalam 1 tahun 300 hari kerja dan dalam 1 hari ada 8 jam kerja.

Pertanyaan :

- Gambar Presedence Diagramnya !
- Seimbangkan lintasan produksi tersebut hingga efisiensi linasannya semaksimal mungkin dengan metode terserah anda !

SOAL PENJADWALAN MESIN

- Ada 10 job yang akan dikerjakan dengan sebuah mesin dengan waktu proses (jam) due date (jam) sbb :

| URAIAN | | PEKERJAAN | | | | | | | | | |
|------------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| Npm Ganjil | ti | 6 | 2 | 4 | 1 | 4 | 5 | 4 | 2 | 5 | 7 |
| | di | 8 | 10 | 12 | 9 | 17 | 20 | 30 | 25 | 40 | 20 |
| Npm Genap | ti | 3 | 7 | 2 | 1 | 4 | 4 | 5 | 8 | 6 | 5 |
| | di | 30 | 10 | 15 | 20 | 12 | 17 | 22 | 10 | 35 | 40 |

Jadwalkan job-job tersebut sehingga jumlah pekerjaan yang terlambat minimum (metode terserah anda)

DAFTAR PUSTAKA

Baker, 1974, **Introduction and Operation Management**, Mc Graw Hill, Singapore.

Biegel, J., 1980, **Production Control**, Mc Graw Hill, New Delhi.

Elsayed, E. A. and Boucher, t., **Analysis and Control of Production System**, Prentice Hall Inc, New Delhi.

Hardley and Within, 1963, **Analysis of Inventory System**, Prentice Hall Inc, New York.

Kusuma H., 1999, **Manajemen Produksi**, AndiOffset, Yogyakarta.

Narashiman, Seetharna, L. and Leavy, 1985, **Production Planning and Inventory Control**, Allyn and bacon, Massachussetts.

Senator, N.B., 1993, **Manajemen Material**, ITB, Bandung.